Bernoulli Resolve

Física

6V

Volume 1

Sumário - Física

Módulo A

Módulo B

Módulo C

Módulo D

COMENTÁRIO E RESOLUÇÃO DE QUESTÕES

MÓDULO – A 01

Introdução à Cinemática escalar e Movimento Uniforme

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Letra C

Comentário: Em relação ao solo, tanto o passageiro quanto o copo estão se movimentando com uma velocidade constante de 1 000 km/h, no entanto eles estão em repouso em relação ao avião. Portanto, ao cair, o copo não sofre força de restência do ar na horizontal, mantendo, assim, a velocidade de 1 000 km/h nessa direção. Essa força existiria se ele caísse fora do avião. Dessa forma, o copo cairá verticalmente, atingindo o piso do avião próximo ao ponto R.

Questão 02 – Letra E

Comentário: Nessa questão, é necessário utilizar o conceito de velocidade média (v_m = distância total/intervalo de tempo total).

Se o automóvel deslocou-se durante 1 h com velocidade de 60 km/h, a distância por ele percorrida foi de 60 km nesse primeiro trecho. Na segunda parte da viagem, a velocidade foi de 42 km/h, durante 0,5 h; logo, a distância percorrida foi de 21 km.

Desse modo, o valor da distância total percorrida foi de 81 km, em 1,5 h; e sua velocidade escalar média foi de 54 km/h, ou seja, 15 m/s.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Nessa questão, é necessário determinar o tempo que o trânsito de veículos fica contido em um cruzamento para que um trem de 200 m de comprimento, em movimento uniforme, consiga atravessá-lo.

A cancela se fecha, impedindo a passagem de veículos, quando o trem se encontra a 100 m do cruzamento, e a largura da rua é de 20 m. Assim, a distância total (d) percorrida pelo trem será: d = 200 m + 100 m + 20 m = 320 m (o último vagão deve sair da rua para que o trem termine a travessia).

A velocidade do trem é de 36 km/h, que, em m/s, equivale a:

$$v = 36/3,6 = 10 \text{ m/s}$$

Portanto, o intervalo de tempo, em segundos, necessário para que o trem percorra essa distância será dado por:

$$d = v\Delta t \Rightarrow \Delta t = d/v \Rightarrow \Delta t = 320/10 \Rightarrow \Delta t = 32 \text{ s}$$

Questão 04 – Letra E

Comentário: A partir da análise do gráfico, vemos que as duas partículas se deslocam em sentidos contrários da direção x, pois a inclinação da curva da partícula A é positiva, e a inclinação da curva da partícula B é negativa. Também podemos afirmar que a partícula B é a mais rápida, visto que o módulo da inclinição da sua reta é maior do que o módulo da inclinação da reta da partícula A. Portanto, a alternativa E está correta.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Para determinarmos a distância percorrida pelo automóvel durante a ultrapassagem, precisamos encontrar o seu tempo de duração. A velocidade relativa entre o automóvel e a carreta é de 18 km/h = 5 m/s, e a distância percorrida para completar a ultrapassagem é de 18 metros. Então, podemos encontrar seu tempo de duração por meio da seguinte equação:

$$v_R = \frac{d_R}{t}$$

$$t = \frac{d_R}{v_R} = \frac{18}{5} = 3,6\,\text{s}$$

Desse modo, distância percorrida pelo o automóvel é:

$d = v_A.t = 25.3,6 = 90$ m

Exercícios Propostos

Questão 02 – Letra B

Comentário: Para determinarmos a velocidade relativa, temos que encontrar a velocidade do ônibus e da pessoa:

$$V_O = \frac{S_O}{t} = \frac{1800}{120} = 15\,\text{m/s}$$

$$V_P = \frac{S_P}{t} = \frac{1800}{1800} = 1\,\text{m/s}$$

A velocidade relativa é a diferença entre essas duas velocidades:

$v_R = v_O - v_P = 14$ m/s

Questão 05 – Letra D

Comentário: A questão exige que o aluno selecione alguns dados relevantes em meio a uma série de informações para a solução do problema. Como o enunciado pressupõe que o valor da velocidade do metrô será constante, devemos trabalhar com as relações matemáticas do MU.

A análise da tabela fornecida nos mostra que o intervalo de tempo de parada do metrô em cada estação é de 1 minuto e que o intervalo de tempo gasto no percurso entre as estações Vila Maria e Felicidade é de 4 min. O mapa indica que a distância entre essas estações é de 2 km. Logo, o valor da velocidade média do metrô é de 0,5 km/min.

O intervalo de tempo total, gasto no percurso entre a estação Bosque e o terminal, será o intervalo de tempo gasto pela composição para se deslocar entre esses dois extremos acrescido do intervalo de tempo gasto nas paradas em cada estação. O intervalo de tempo gasto para percorrer os 15 km será Δt = 30 min. Como temos 5 estações entre o início e o final do movimento, devemos somar mais 5 minutos de parada no total. Teremos, então, um intervalo de tempo igual a 35 min.

Questão 08 – Letra B

Comentário: Para determinarmos a velocidade média da moto nesse percurso, são necessárias duas informações, a distância total, que já é conhecida (20 km), e o tempo total. Primeiramente, vamos calcular o tempo transcorrido em cada uma das quatro partes de 5 km do trajeto:

$$t_1 = \frac{5}{v_1} = \frac{5}{100} = 0{,}05 \text{ h}$$

$$t_2 = t_3 = \frac{5}{v_3} = \frac{5}{120} = 0{,}042 \text{ h}$$

$$t_4 = \frac{5}{v_4} = \frac{5}{150} = 0{,}033 \text{ h}$$

A velocidade média é dada pela razão entre a distância total e o tempo total:

$$v_M = \frac{20}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} = \frac{20}{0{,}05 + 0{,}042 + 0{,}042 + 0{,}033}$$

$$v_M = 120 \text{ km/h}$$

Questão 10 – Letra D

Comentário: Devemos recordar a equação de posição para um veículo em MU: $s = s_0 + vt$.

Se adotarmos o instante zero como o momento em que Pedro passa pelo marco zero da estrada, podemos escrever que:

$s_{MARTA} = s_0 + vt$ e $s_{PEDRO} = s_0 + vt$; logo:

$s_{MARTA} = 10 + 80t$ e $s_{PEDRO} = 0 + 100t$ (s em km e t em h)

Como o problema deseja verificar a posição de encontro dos veículos, basta igualar as equações das posições ocupadas pelos veículos de Marta e de Pedro:

$s_{MARTA} = s_{PEDRO} \Rightarrow 10 + 80t = 0 + 100t$

$20t = 10 \Rightarrow t = 0{,}5$ h

Substituindo o valor do instante de tempo em qualquer uma das duas equações de posição, achamos a posição em que os veículos se encontrarão, s = 50 km.

Questão 11 – Letra C

Comentário: A questão, embora seja simples de resolver, apresenta uma grande possibilidade de erro por parte dos estudantes, uma vez que muitos aplicam o conceito errôneo de velocidade, tomando a razão entre a posição e o instante de tempo. A velocidade deve ser encontrada por meio da razão entre a variação da posição e o intervalo de tempo gasto. Para determinar a velocidade no instante 60 s, podemos calculá-la no intervalo que vai dos 40 s aos 100 s, pois, durante todo esse intervalo, a velocidade permanece constante. Realizando o cálculo para o intervalo referido, encontramos:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{(700 - 100) \text{ m}}{(100 - 40) \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

Questão 13 – Letra C

Comentário: A questão apresenta um gráfico de posição *versus* tempo para dois trens, cujas velocidades podem ser determinadas por meio das inclinações das retas. O trem prata percorre uma distância de 720 km em 12 h, a mesma distância percorrida e o mesmo intervalo de tempo gasto pelo trem azul. Apenas os sentidos de movimento são diferentes, mas o módulo das velocidades é idêntico e igual a 60 km/h. Logo, a alternativa C é incorreta.

Questão 14 – Letra C

Comentário: Podemos encontrar o ponto da colisão determinando o tempo que leva pra ela ocorrer e utilizando-o para determinar a distância percorrida por qualquer uma das esferas. Como a velocidade relativa entre as esferas é de 2 cm/s e a distância entre elas é de 4 cm, o tempo até a colisão ocorrer é dado por:

$$t = \frac{d_R}{v_R} = \frac{4}{2} = 2\text{s}$$

Portanto, a esfera de velocidade igual a 3 cm/s irá percorrer a seguinte distância:

$$d_2 = v_2 t = 3.2 = 6 \text{ cm}$$

Como essa esfera parte da posição de 14 cm, a colisão acontece em $d = 14 + d_2 = 20$ cm.

Há outra forma de econtrarmos a posição em que as esferas irão colidir. Como o tempo transcorrido no movimento de cada uma delas é o mesmo, temos a seguinte relação:

$$t_1 = t_2$$

$$\frac{d_1}{v_1} = \frac{d_2}{v_2}$$

A esfera 2, que no instante inicial está 4 cm a frente da esfera 1, irá percorrer 4 cm a menos, ou seja, $d_2 = d_1 - 4$. Substituindo esse valor na relação anterior, temos:

$$\frac{d_1}{v_1} = \frac{d_2}{v_2} = \frac{d_1 - 4}{v_2}$$

$$\Rightarrow d_1 = \frac{-4}{v_2} \cdot \frac{(v_2 v_1)}{(v_2 - v_1)} = \frac{-4}{3} \cdot \frac{(15)}{(3 - 5)} = 10 \text{ cm}$$

Como a esfera 1 parte da posição de 10 cm, a colisão acontece em $d = 10 + d_1 = 20$ cm.

Questão 16

Comentário: Essa questão da Unicamp aborda o princípio de funcionamento de um dispositivo de registro de velocidade semelhante ao descrito no texto do módulo. Quando a roda do carro passa pelo sensor 1, este é acionado, registrando o intervalo de tempo gasto, até que a mesma roda acione o sensor 2, em 0,1 s.

A) Como a distância entre os sensores é de 2 m e o intervalo de tempo gasto entre o acionamento destes é de 0,1 s, podemos concluir que a velocidade média do carro, ao passar pelos sensores, é de 20 m/s ou 72 km/h.

B) A distância entre os eixos é a distância entre as rodas dianteiras e traseiras de um veículo. O gráfico nos informa que o sensor S_1 registrou um intervalo de tempo de 0,15 s para que as rodas dianteira e traseira passassem sobre ele. Como a velocidade do carro é de 20 m/s, e o intervalo de tempo é de 0,15 s, encontramos que a distância entre os eixos do carro é de d = vt = (20 m/s).(0,15 s) = 3 m.

Questão 17

Comentário: O problema apresenta um gráfico de velocidade *versus* tempo para o MU de um veículo e pede informações sobre a posição final do móvel. Sabe-se que, nesse caso, a área abaixo do gráfico é numericamente igual à distância percorrida e que o sinal da velocidade indica se o movimento é retrógrado ou progressivo.

A análise do movimento, por meio do gráfico, indica que, inicialmente, o veículo deslocava-se no sentido crescente das posições, percorrendo uma distância de 15 km (área sob o gráfico entre 0 h e 1 h); após o instante 1,0 h, o veículo parou durante 1 h e, posteriormente, do instante 2 h ao instante 4 h, o veículo percorre uma distância de 40 km no sentido negativo das posições, pois apresentava entre 2 h e 4 h uma velocidade de – 20 km/h.

Atenção! Apesar de o gráfico indicar o movimento até 5 h, o enunciado deseja saber a posição do veículo no instante de tempo igual a 4 h. Ora, se o veículo parte do km 50, move-se 15 km no sentido positivo e, depois, 40 km no sentido negativo, podemos concluir que ele se encontrará no km 25 da rodovia no instante 4h.

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A distância percorrida pelo avião, entre Quito e Cingapura, é dada por:

$$d = \frac{2\pi r}{2} = \pi r$$

$$\Rightarrow d = 3{,}14.6\ 370 = 20\ 011 \text{ km}$$

Utilizando o valor obtido para a distância percorrida pelo avião e o valor da velocidade média deste, v_m = 800 km/h, temos que o intervalo de tempo gasto no trajeto de Quito a Cingapura é dado por:

$$v_m = \frac{d}{t} \Rightarrow \Delta t = \frac{d}{v_m}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{20\ 011}{800} \cong 25 \text{ horas}$$

Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A velocidade média dos veículos que trafegam pela avenida pode ser obtida por meio da média aritmética das velocidades dos veículos, representadas no gráfico do enunciado. Portanto, a velocidade média dos veículos é dada por:

$$v_m = \frac{5.20 + 15.30 + 30.40 + 40.50 + 6.60 + 3.70 + 80}{100}$$

$$\Rightarrow v_m = \frac{4\ 400}{100} = 44 \text{ km/h}$$

Questão 03 – Letra E

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Para resolvermos essa questão, devemos fazer uma análise do gráfico apresentado no enunciado. Um passageiro deve chegar ao ponto final da linha, no máximo, às 10h30min. Assim, devemos analisar o gráfico e verificar qual é o intervalo de tempo gasto pelo ônibus no percurso do ponto inicial ao ponto final da linha, em cada instante do dia. Subtraindo esse intervalo de tempo do horário de 10h30min, obteremos o instante máximo em que o passageiro pode tomar o ônibus para chegar a seu destino no instante especificado, 10h30min. Realizando tal análise, podemos verificar que o instante máximo em que o passageiro pode tomar o ônibus é 08h50min, pois o tempo médio de viagem do ônibus, nesse instante do dia, é de 100 min.

MÓDULO – A 02

Movimento Uniformemente Variado e Movimento Vertical

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Letra B

Comentário: A queda do paraquedista pode ser divida em duas etapas distintas, a primeira, em que o movimento é uma queda livre, e a segunda, em que ele cai em movimento retilíneo uniforme. O tempo do primeiro movimento já é conhecido, 5 segundos. Para determinamos o tempo do segundo movimento, temos que encontrar a distância percorrida nele:

$$d_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2 = 0 + \frac{1}{2} 10.5^2 = 125 \text{ m}$$

$$d_2 = 325 - d_1 = 325 - 125 = 200 \text{ m}$$

O tempo em que ele cai em movimento retilíneo uniforme é dado por:

$$t_2 + \frac{d_2}{v_2} = \frac{200}{10} = 20 \text{ s}$$

Então, o tempo total da queda é

$t = t_1 + t_2 = 5 + 20 = 25$ s

Questão 02 – Letra A

Comentário: Temos agora um caso no qual o veículo possui uma aceleração atuando em sentido oposto ao da velocidade, isto é, o valor da velocidade diminui com o passar do tempo. O enunciado nos fornece o valor da velocidade inicial (20 m/s), o valor da velocidade final (zero) e a distância percorrida. Utilizando a equação de Torricelli para resolver esse exercício, temos:

$v^2 = v_0^2 + 2ad \Rightarrow a = -v_0^2/2d = -(20 \text{ m/s})^2/(2.50 \text{ m})$ $\Rightarrow a = -4 \text{ m/s}^2$

Questão 03 – Letra C

Comentário: O objeto é lançado para cima com uma velocidade inicial de módulo igual a 50 m/s. Essa velocidade diminui com o tempo devido à aceleração da gravidade, que possui mesma direção e sentido contrário ao movimento. Após 5 segundos, o módulo da velocidade é zero e seu sentido é invertido. É nesse instante que o objeto atinge sua altura máxima, a qual podemos encontrar aplicando a Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\,\Delta s$$

$$\Rightarrow 0 = 50^2 + 2.(-10).\Delta s$$

$$\Rightarrow \Delta s = \frac{2\,500}{20} = 125 \text{ m}$$

Questão 04 – Letra A

Comentário: Como a desaceleração é uniforme, podemos utilizar as equações de movimento para o MUV. Uma vez que nos é fornecido o valor da velocidade inicial (72 km/h = 20 m/s) e do tempo do movimento (4,0 s), podemos utilizar a função horária da velocidade para calcular o valor da aceleração.

$v = v_0 + at$

$\Rightarrow 0 = 20 + a.4$

$\Rightarrow a = -5\ m/s^2$

Conhecendo o valor da aceleração, determinamos o distância percorrida por meio da função horária da posição:

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = 20.4 + \frac{1}{2}.(-5).4^2 = 40\,m$$

A velocidade média é a razão entre a distancia total pecorrida e o intervalo de tempo do movimento:

$$v_M = \frac{s}{t} = \frac{40}{4} = 10\ m/s$$

Questão 05

Comentários: A análise da tabela indica que o movimento da moto é uniformemente acelerado, pois a cada segundo de movimento, o valor da velocidade da moto aumenta em 2 m/s, indicando que sua aceleração tem valor igual a 2 m/s^2.

A) Pode-se resolver esse item simplesmente por regra de três, uma vez que $v_0 = 0$ e, portanto, $v = at$. Como no instante t = 5 s o valor da velocidade é de 10 m/s, no instante t = 10 s, o valor da velocidade também será o dobro, 20 m/s. Pode-se também utilizar a equação $v = v_0 + at$ e substituir os valores numéricos fornecidos pela tabela: $v = v_0 + at \Rightarrow 20\ m/s = 0 + 2\ m/s^2.t \Rightarrow t = 10\ s$

B) Utilizando a equação da distância percorrida em função do tempo para o MUV, temos:

$$d = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}2\ m/s^2.(10\ s)^2 = 100\ m$$

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

Comentário: Ao partir do repouso, quando sua velocidade ainda é zero, a gotícula de água não sofre força de arrasto, ela está apenas sob a ação da força da gravidade, portanto sua aceleração é máxima. À medida que o módulo da sua velocidade aumenta, a força de resistência também aumenta. Essa força tem sentido oposto ao da gravidade, dessa forma a força resultante diminui e, em consequência, o módulo da aceleração também dimunui.

A força de arrasto cresce até um ponto em que seu módulo se iguala ao da força da gravidade, assim a aceleração da gotícula passa a ser zero e o módulo da velocidade se torna constante.

O gráfico que melhor representa essa situação é o gráfico da alternativa C, pois o módulo da velocidade possui um grande crescimento no início do movimento, crescimento que vai cessando até que a velocidade atinja um valor constante. A aceleração parte de um valor máximo, que é igual à aceleração da gravidade, e diminui até zerar.

Questão 03 – Letra D

Comentário: Sabemos que, no gráfico de velocidade *versus* tempo, a área sob a curva do gráfico é numericamente igual à distância percorrida, que uma velocidade positiva representa um movimento progressivo, e uma velocidade negativa representa um movimento retrógrado. Assim, calculando o deslocamento do dois trens, temos:

A = 5.50/2 + (–5.50/2) + (–5.50/2) = –125 m

B = (–5.50/2) + 5.50/2 + 5.50/2 = 125 m.

Portanto, a distância final entre os dois trens é de 250 m.

Questão 05 – Letra B

Comentário: Observe que, no intervalo de tempo de 3,0 s, o carro e o atleta percorrem distâncias iguais. Portanto, igualando as distâncias percorridas pelo carro e pelo atleta, temos:

$d_{carro} = d_{atleta}$

$\Rightarrow v_0t + at^2/2 = vt$

$\Rightarrow 2.3^2/2 = v.3$

$\Rightarrow v = 3\ m/s$

Questão 06 – Letra D

Comentário: O gráfico de velocidade *versus* tempo mostrado na questão apresenta um móvel com velocidade decrescente que, posteriormente, entra em repouso. Vamos analisar cada uma das alternativas apresentadas pela questão.

A) "Esfera que desce por um plano inclinado e continua rolando por um plano horizontal". Alternativa falsa, pois uma esfera que desce um plano inclinado e continua rolando por um plano horizontal apresenta, inicialmente, velocidade crescente e, posteriormente, velocidade constante.

B) "Criança deslizando num escorregador de um parque infantil". Alternativa falsa, pois é pouco provável que um menino deslizando por um escorregador apresente uma velocidade decrescente.

C) "Fruta que cai de uma árvore". Alternativa falsa, pois, nesse caso, teríamos um movimento uniformemente acelerado.

D) "Composição de metrô, que se aproxima de uma estação e para". Alternativa verdadeira, pois, ao se aproximar de uma estação, a composição deve reduzir a velocidade e, posteriormente, parar.

E) "Bala no interior de um cano de arma, logo após o disparo". Alternativa falsa, pois logo após o disparo, uma bala apresenta um movimento acelerado, no qual o valor da aceleração é descrescente.

Questão 09 – letra D

Comentário: Para caracterizarmos o movimento do saco de areia, basta observarmos que ele se movia, inicialmente, para cima, com velocidade de 5 m/s e, posteriormente, ao desprender-se do balão, passou a sofrer os efeitos de uma aceleração (aceleração da gravidade) que atua em sentido oposto ao de seu movimento inicial. Observe que esse movimento é idêntico ao realizado por um objeto que é lançado para cima, com velocidade inicial de 5 m/s; este apresenta um movimento inicialmente retardado, com sentido para cima e com velocidade decrescente, e, em seguida, cai em movimento uniformemente acelerado.

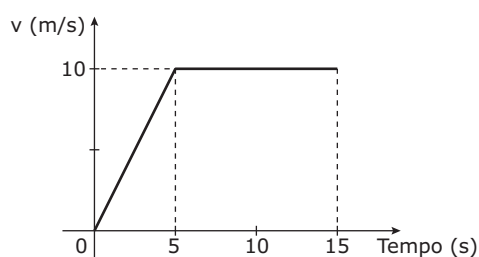
Questão 10 – Letra A

Comentário: No ponto mais alto da trajetória, como a bola não está mais subindo ou descendo, sua velocidade instantânea é zero. Porém, sua aceleração não é zero, pois o valor da velocidade está mudando de um valor nulo para um valor negativo, devido aos efeitos da gravidade. Logo, existe mudança no valor da velocidade, e, consequentemente, temos uma aceleração diferente de zero, que é a aceleração da gravidade.

Questão 15

Comentário: O gráfico de aceleração *versus* tempo apresentado na questão mostra que a aceleração possui valor constante e igual a 2,0 m/s^2, entre os instantes 0 e 5 s, indicando um movimento retilíneo uniformemente acelerado nesse intervalo de tempo. Após esse intervalo, o movimento passa a ser um movimento uniforme, uma vez que o valor da aceleração é zero.

A) Podemos utilizar os dados da questão para construir uma tabela de valores da velocidade em função do tempo e, assim, obtermos os dados necessários à construção do gráfico pedido. Dessa forma, temos:

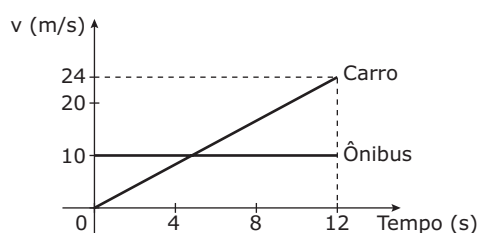
Instante	0 s	1 s	2 s	3 s	4 s	5 s	6 s	7 s	8 s	...	15 s
v (m/s)	0	2	4	6	8	10	10	10	10	...	10

B) Para determinarmos a distância percorrida entre os instantes de tempo desejados, basta calcularmos a área sob a curva do gráfico anterior, obtendo um valor igual a 25 m (triângulo) e a 100 m (retângulo). Logo, a distância total percorrida é igual a 125 m.

Questão 16

Comentário:

A) O carro parte do repouso e apresenta aceleração constante e igual a 2,0 m/s^2. Logo, a cada segundo que passa, o valor de sua velocidade aumenta 2,0 m/s. Representando em uma tabela os valores das velocidades do carro e do ônibus nos primeiros 12 s de movimento, temos:

Instante	0 s	1 s	2 s	3 s	4 s	5 s	6 s	7 s	8 s	9 s	10 s	11 s	12 s
v_{carro} **(m/s)**	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
$v_{ônibus}$ **(m/s)**	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Utilizando os dados da tabela anterior, construímos o gráfico de velocidade em função do tempo para os movimentos do carro e do ônibus.

B) O instante no qual os veículos encontram-se é o instante t, em que as distâncias percorridas pelo carro e pelo ônibus são iguais, isto é:

$\text{distância}_{carro} = \text{distância}_{ônibus}$

$(v_0t + \frac{1}{2}at^2)_{carro} = (vt)_{ônibus}$

$(\frac{1}{2}at^2)_{carro} = (vt)_{ônibus}$

Substituindo os valores numéricos fornecidos pelo enunciado, temos:

$t^2 = 10t \Rightarrow t_1 = 0$ e $t_2 = 10$ s

Já sabemos que, no instante t = 0, os veículos estavam juntos; logo, a resposta do problema é t = 10 s.

C) Utilizando o valor do intervalo de tempo para que o carro alcance o ônibus e qualquer uma das equações de distância percorrida, pois essas são iguais, temos que a distância percorrida pelo carro, até que este alcance o ônibus, é de 100 m.

Seção Enem

Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 20

Comentário: Nessa questão, devemos analisar a dependência que há entre a altura de um salto e o quadrado da velocidade inicial desse.

Na situação a que se refere a questão, a velocidade média do Super-homem, em seu movimento do solo até o alto do prédio, é dada por:

$v_m = H/\Delta t \Rightarrow H = v_m\Delta t$

Em que H é a altura do prédio, Δt é o intervalo de tempo do salto e v_m é a velocidade média deste. Observe, na equação anterior, que a altura H é diretamente proporcional à velocidade média do salto e ao intervalo de tempo Δt.

Durante o movimento de subida, a velocidade do Super-homem varia. A relação entre sua velocidade v e o intervalo de tempo Δt do salto é dada por:

$v = v_0 - g\Delta t$

No ponto de altura máxima, a velocidade do Super-homem é nula, como afirmado pelo enunciado da questão. Portanto:

$0 = v_0 - g\Delta t \Rightarrow \Delta t = v_0/g$

Ou seja, o intervalo de tempo necessário para que o Super-homem alcance o ponto de altura máxima é diretamente proporcional à velocidade inicial do salto.

Diante dessa análise, conclui-se que a alternativa correta é a E.

Questão 02 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Para que a velocidade seja aproximadamente constante, é necessário que seu valor varie muito pouco, o que ocorre entre os instantes 5 s e 8 s.

Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A aceleração será máxima no intervalo de tempo em que a taxa de variação da velocidade, em relação ao tempo, for maior (e não, necessariamente, no instante em que a velocidade for máxima). Entre 0 s e 1 s, a taxa de variação da velocidade é de 6 m/s^2; entre 1 s e 5 s, a taxa de variação é de 1,3 m/s^2; de 5 s a 8 s, a taxa de variação é praticamente nula; entre 8 s e 11 s, a taxa é de 0,7 m/s^2; e, entre 12 s e 15 s, a taxa de variação é de 1,3 m/s^2. Logo, como a taxa de variação da velocidade é maior no intervalo de 0 s a 1 s, temos que a aceleração é máxima nesse intervalo de tempo.

Questão 04 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 6

Habilidade: 20

Comentário: Corpos em queda livre apresentam movimento uniformemente variado. Uma das características desse tipo de movimento é a proporcionalidade entre a distância percorrida pelo corpo e o quadrado do tempo de queda, ou seja, conforme o tempo passa o corpo percorre uma distância cada vez maior para um mesmo intervalo de tempo. Caso o peso do corpo variasse durante a queda a aceleração não seria constante, mas esse tipo de movimento não é abordado no Ensino Médio.

MÓDULO – B 01

Termometria e dilatometria

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Letra E

Comentário: O limite inferior para a temperatura é aproximadamente −273 °C, que, na escala Kelvin vale zero e na escala Fahrenheit vale −460 °F. Portanto, as temperaturas de 1 °C, 274 K e 31 °F representam estados muito acima do limite inferior. A temperatura de −4 K não é fisicamente possível, pois ela é menor que o zero absoluto. A temperatura de −270 °C, que na escala Kelvin vale 3 K, além de ser fisicamente possível, representa um estado muito próximo ao zero absoluto.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Chamando de T_C e de T_F as temperaturas nas escalas Celsius e Fahrenheit, podemos escrever:

$$T_F - T_C = 92$$

Não é possível afirmar o contrário, isto é, que $T_C - T_F = 92$, porque qualquer temperatura entre 32 ºF e 212 ºF, intervalo de temperatura no qual a água é líquida, apresenta um número maior na escala Fahrenheit do que o valor correspondente na escala Celsius. Note que todas as alternativas dessa questão satisfazem a equação anterior.

Para achar as temperaturas, precisamos de outra equação relacionando T_C e T_F. Essa equação é a própria fórmula de recorrência entre as duas escalas:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

Resolvendo esse sistema de duas equações e de duas incógnitas, obtemos:

$$T_C = 75 \text{ ºC} \quad \text{e} \quad T_F = 167 \text{ ºF}$$

Questão 03 – Soma = 5

Comentário: Professor, antes de você analisar cada uma das afirmativas com os alunos, reforce a ideia já discutida em sala de que um corpo vazado se dilata como se fosse maciço. Assim, deixe bem claro que o furo da placa ira se alargar quando a placa for aquecida, assim com irá se estreitar caso a placa seja resfriada. Relembre ainda com seus alunos que a dilatação do furo, por exemplo, a do seu diâmetro, deve ser calculada usando-se os coeficientes de dilatação térmica da placa. Apesar de ser um absurdo, muitos alunos acham que deveríamos usar o coeficiente do ar, uma vez que o furo é preenchido com esse gás.

01. Verdadeiro. Independentemente de α_1 ser igual, maior ou menor que α_2, se apenas a placa for aquecida, apenas ela e o furo irão dilatar, de modo que o cilindro, que continuará com a mesma grossura, passará pelo furo alargado.

02. Falso. Se o cilindro e a placa forem igualmente aquecidos, e sendo $\alpha_1 > \alpha_2$, então o cilindro irá dilatar mais do que o furo, de modo que o cilindro não passará pelo furo.

04. Verdadeiro. Se o cilindro e a placa forem igualmente aquecidos, mas sendo $\alpha_1 < \alpha_2$, então o cilindro irá dilatar menos do que o furo, de modo que o cilindro passará pelo furo.

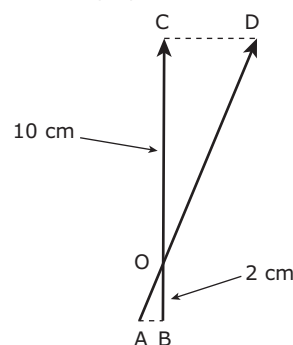
08. Falso. Se o cilindro e a placa forem igualmente resfriados, e sendo $\alpha_1 > \alpha_2$, então o cilindro irá contrair mais que o que o furo, de modo que o cilindro passará pelo furo.

16. Falso. Independentemente de α_1 ser igual, maior ou menor que α_2, se apenas o cilindro for aquecido, apenas ele irá dilatar, de modo que o cilindro não passará pelo furo, que continuará com o mesmo diâmetro.

Questão 04 – Letra C

Comentário: De acordo com o gráfico, caso a temperatura da água e do recipiente (4 ºC) aumente ou diminua, a água passará a ocupar um volume maior que o volume do recipiente. Portanto, a água transbordará para qualquer variação de temperatura.

Questão 05 – Letra C

Comentário: A figura abaixo mostra o giro sofrido pelo ponteiro do instrumento. O segmento AB representa a dilatação ΔL sofrida pela barra de alumínio, enquanto o segmento CD representa o deslocamento sofrido pela extremidade superior do ponteiro. A rigor, CD é um arco de círculo, cujo centro é o ponto O, onde o ponteiro está articulado. Portanto, vamos calcular um deslocamento CD aproximado. Mesmo assim, esse valor apresenta boa precisão, pois os comprimentos dos segmentos AB e CD são pequenos.

Antes de calcular o comprimento CD, precisamos achar o comprimento AB. Como citado, esse é a dilatação sofrida pela barra de alumínio, cujo comprimento inicial é L_0 = 30 cm = 300 mm. Substituindo na equação da dilatação térmica linear esse valor e os valores do coeficiente de dilatação linear do alumínio e da elevação de temperatura sofrida pela barra, obtemos:

$AB = \Delta L = L_0.\alpha.\Delta T = 300.2 \times 10^{-5}.(225 - 25) = 1{,}2$ mm

Por inspeção, vemos que os triângulos AOB e COD são semelhantes, sendo que cada dimensão do triângulo COD é 5 vezes maior que a dimensão correspondente no triângulo AOB. Portanto, como AB = 1,2 mm, o comprimento CD é igual a 6 mm (1,2 vezes 5).

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra B

Comentário:

I. Falso. A temperatura é uma medida do grau de agitação das moléculas. Portanto, não faz sentido pensar em temperatura para o vácuo ideal, que é uma região desprovida de qualquer tipo de matéria.

II. Falso. Dois corpos a temperaturas diferentes terão energias térmicas médias necessariamente diferentes, pois a temperatura é uma medida da energia cinética média das moléculas. Assim, a energia cinética média é maior quando um corpo está mais quente. Contudo, se o número de moléculas de um corpo quente for menor que o número de moléculas de um corpo frio, poderá haver uma compensação, de modo que as energias térmicas totais dos dois corpos sejam iguais. Por exemplo, um grande bloco de gelo pode ter a mesma energia térmica total que um copo com água fervente, embora a energia térmica média por molécula na água quente seja maior que a do bloco de gelo.

III. Verdadeiro. A temperatura de um corpo é uma grandeza macroscópica, pois a temperatura está associada ao fato desse corpo estar mais quente ou mais frio em relação a outro corpo. A temperatura de um corpo também é uma grandeza microscópica, uma vez que a temperatura é uma medida do grau de agitação das moléculas da matéria constituinte deste corpo.

IV. Falso. Existem alguns exemplos de adição de calor sem variação de temperatura. Professor, por ora, apenas apresente alguns exemplos, explicando aos alunos que esses casos serão estudados com detalhes nos próximos capítulos. Exemplos: (1) fusão e vaporização de uma substância pura, como a água e o mercúrio; (2) expansão lenta de um gás ideal que, ao receber calor, realiza um trabalho, de modo que a energia interna do gás não varia.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Vamos analisar cada uma das proposições separadamente.

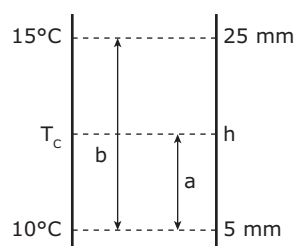
I. A pressão de um gás encerrado em um recipiente aumenta com o aumento da pressão. Logo, a pressão do gás pode ser considerada uma propriedade termométrica.

II. A resistência elétrica de um resistor depende de sua resistividade, que, por sua vez, varia com a temperatura do material do resistor. Portanto, a resistência elétrica também pode ser considerada uma propriedade termométrica.

III. A massa representa a quantidade de matéria contida em uma amostra de uma substância e não se altera com a temperatura, pois uma variação da temperatura apenas altera a agitação térmica das partículas constituintes da amostra da substância, mas não gera perda ou ganho de partículas. Assim, a massa de um corpo não pode ser considerada uma propriedade termométrica.

Diante das análises anteriores, conclui-se que a alternativa correta é a C.

Questão 03: Letra E

Comentário: A figura abaixo mostra a relação funcional existente entre a escala Celsius de temperatura e a escala de temperatura registrada pela coluna deste termoscópio.

Para achar a fórmula de recorrência entre TC e h, devemos igualar a razão a/b usando os valores das duas escalas:

$$\frac{a}{b} = \frac{T_c - 10}{15 - 10} = \frac{h - 5}{25 - 5} \qquad h = 4.(T_c - 10) + 5$$

Substituindo T_C = 20°C nessa equação, obtemos:

h = 4.(20 – 10) + 5 = 45 mm

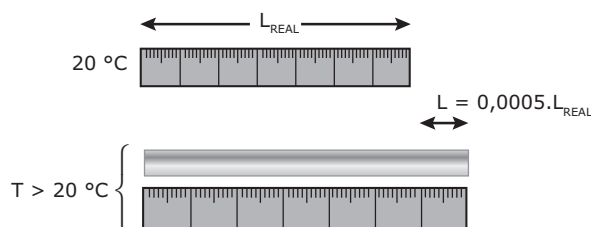
Questão 04 – Letra A

Comentário: Quando uma barra de comprimento ℓ_0 tem a temperatura alterada de $\Delta\theta$, o aumento relativo em seu comprimento é dado por:

$$(\Delta L/l_0) = \alpha.\Delta.\theta$$

Esse aumento relativo depende apenas do coeficiente de dilatação linear da barra (α) e da mudança de temperatura ($\Delta\theta$). Todos os quatro vergalhões são feitos do mesmo material e, portanto, apresentam o mesmo coeficiente de dilatação linear. A elevação de temperatura também foi idêntica para todos os vergalhões. Assim, o produto $\alpha.\Delta\theta$ é constante, e concluímos que todas as partes do quadro dilatam-se, relativamente, de forma igual. O resultado disso é que o quadro se dilata sem deformar a sua forma inicial e, consequentemente, sem gerar esforços internos.

Questão 05 – Letra B

Comentário: A primeira das figuras a seguir mostra uma régua imersa em um ambiente a 20 ºC, no qual a sua leitura é confiável (real). A outra figura mostra a régua e uma barra (que representa a distância entre os dois pontos citados no exercício), ambas imersas em um ambiente à temperatura T > 20 °C. Por isso, a régua está dilatada (note que em todas as direções) em relação ao seu comprimento aferido a 20 ºC.

O comprimento real medido pela régua a 20 ºC e a dilatação de 0,05% (em valor absoluto, 0,0005) estão indicados nas figuras (fora de escala). Para achar a temperatura T, basta substituirmos esses valores na equação da dilatação linear:

$\Delta L = L_0\alpha.\Delta.T$

$\Rightarrow 0{,}0005.L_{REAL} = L_{REAL}.2{,}0 \times 10^{-5}.(T - 20) \Rightarrow \; T = 45\ °C$

Questão 08 – Letra A

Comentário: Se $\alpha_v > \alpha_t$, durante o aquecimento, as bocas dos dois frascos dilatarão mais do que as tampas, gerando tensões no frasco 1, mas causando um afrouxamento da tampa do frasco 2. Por isso, apenas o vidro 1 se quebrará. Ao contrário, se $\alpha_v < \alpha_t$, as bocas dos dois frascos dilatarão menos do que as tampas. Nesse caso, haverá tensões no frasco 2 e um afrouxamento da tampa do frasco 1. Agora, o vidro 2 é que se quebrará.

Questão 09 – Letra E

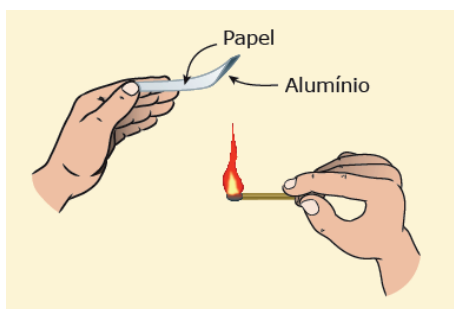
Comentário: A dilatação total é a soma das dilatações parciais:

$\Delta L = \Delta L_{Zn} + \Delta L_{Al} = L_0.\alpha_{Zn}.\Delta T + L_0.\alpha_{Al}.\Delta T = L_0.\Delta T.(\alpha_{Zn} + \alpha_{Al})$
$\Rightarrow \Delta L = 1{,}0.200.48 \times 10^{-6} = 0{,}0096$ m

Assim, o comprimento final vale:

$L = 2L_0 + \Delta L = 2{,}0 + 0{,}0096 = 2{,}0096$ m

Questão 10 – Letra A

Comentário: De acordo com a 2ª figura, a lamina de baixo, por estar na parte externa do conjunto encurvado, apresenta maior dilatação que a lâmina de cima. Como as duas lâminas apresentam comprimentos iniciais iguais e como as duas sofreram o mesmo aquecimento, a maior dilatação da lâmina de baixo é devida ao seu maior coeficiente de dilatação térmica. Portanto, a lâmina de baixo é feita de alumínio e a de cima de cobre, que, de acordo com os valores dados no problema, possui o menor coeficiente de dilatação térmica. Professor, ao fazer este problema na sala de aula, você poderá fazer uma demonstração simples para simular o caso. Usando papel de cigarro (de um lado é papel e do outro é alumínio), mostre que o papel se curva quando aquecido, conforme a figura abaixo. Invertendo o lado do papel, mostre que a curvatura também se inverte.

Questão 11 – Letra B

Comentário: A Leitura Complementar do módulo 01, frente B, discorre a respeito da influência da estrutura molecular sobre a dilatação térmica e a tensão superficial de uma substância. Este último fenômeno é abordado nesta questão. Um líquido não molha uma superfície quando a força de coesão entre as moléculas do líquido é maior do que a força de adesão das moléculas da superfície sobre as moléculas do líquido. É isso que ocorre entre o mercúrio e uma superfície de vidro ou de papel. Outro exemplo da elevada tensão superficial do mercúrio ocorre quando esse líquido é derramado em um piso de ladrilho ou de tábua corrida encerada ou sintecada. O mercúrio se parte em várias bolinhas, que, coesas, não molham o piso.

Questão 14

Comentário: A dilatação aparente do líquido (80 cm³ = 0,080 L) é dada por:

$\Delta V_{ap} = V_0(\gamma_{líq} - \gamma_{rec})\Delta T \Rightarrow 0{,}080 = 10(0{,}90\text{x}10^{-3} - \gamma_{rec})10$
$\Rightarrow \gamma_{rec} = 1{,}0 \times 10^{-4}\ ºC^{-1}$

O coeficiente de dilatação linear do recipiente, α_{rec}, é 1/3 de γ_{rec}. Assim:

$\alpha_{rec} = (1{,}0/3) \times 10^{-4} = 0{,}33 \times 10^{-4}\ ºC^{-1} = 33 \times 10^{-6}\ ºC^{-1}$

Seção Enem

Questão 01 – Letra D

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: O ganho ilícito do dono do posto se deve ao aumento de volume do álcool devido ao seu aquecimento. O aumento diário desse volume é dado por:

$\Delta V = V_0\,.\gamma.\,\Delta T = 20 \times 10^3$ litros/dia.$1 \times 10^{-3}\ ºC^{-1}.(35 - 5)\ ºC$ $= 6 \times 10^2$ litros/dia

Embora o lucro obtido por litro de combustível comprado pelo dono do posto seja a diferença entre o preço de revenda (R$ 1,60) e o preço de aquisição (R$ 0,50), o ganho devido ao aumento do volume de álcool deve ser calculado com base apenas no valor de revenda, pois esse volume de álcool não foi efetivamente comprado pelo dono do posto, mas advindo do simples aquecimento do combustível. Assim, o ganho semanal ilícito desse volume de álcool é:

Ganho = 6×10^2 litros/dia.R$ 1,60/litro.7 dias = R$ 6 720,00

Questão 02 – Letra C

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: De acordo com o gráfico do exercício, uma massa de 1 g de água ocupa um volume de 1,00015 cm³ a 0 °C e um volume de 1,00002 cm³ a 4 ºC. Portanto, ao ser aquecida de 0 °C a 4 °C, essa massa de água tem seu volume diminuído de 0,00013 cm³. Esse valor é 0,013% do volume inicial a 0 ºC, conforme o seguinte cálculo:

$$[(1{,}00015 - 1{,}00002)/1{,}00015].100\% = 0{,}013\%$$

De forma mais aproximada, temos:

$[(1{,}00015 - 1{,}0000)/1{,}00].100\% = 0{,}015\%$, que é inferior ao valor 0,04% citado na alternativa C.

Questão 03 – Letra E

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário:

I. Falso. Não é vantagem comprar combustível quente, pois, em relação ao produto frio, a densidade é mais baixa, ou seja, o combustível apresenta um volume maior para a mesma massa. Por exemplo, imagine que uma massa de 0,80 kg do produto ocupe um volume de 1,0 L, e cujo preço seja igual a R$ 2,30/litro. Se essa massa for aquecida, ela passará a ocupar um volume maior do que 1,0 L, e custará mais do que R$ 2,30.

II. Verdadeiro. Como explicado anteriormente, a densidade do combustível aumenta com o seu aquecimento e, naturalmente, diminui com o seu resfriamento. Assim, em temperaturas mais baixas, existe mais massa por volume de combustível.

III. Verdadeiro. A massa é que determina a conversão de energia de combustão em energia cinética do carro. Por isso, seria ideal que o combustível fosse vendido por kg, e não por litro, pois o problema decorrente da dilatação térmica estaria solucionado. Infelizmente, medir a massa do combustível é muito mais complicado do que medir o volume. Por isso, em todo o mundo, a venda é feita com base em medições de volume.

MÓDULO – B 02

Propagação de calor

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Soma = 5

Comentário: Professor, antes de você analisar cada uma das afirmativas desta questão, relembre rapidamente com os alunos os três processos de transferência de calor: condução, convecção e radiação (ou irradiação) térmica.

01. Verdadeiro. A convecção térmica implica o movimento de massas de fluidos de uma região para outra. No caso da convecção livre, esse movimento se deve à diferença da densidade do fluido entre essas regiões, como, por exemplo, no aquecimento da água em uma panela colocada ao fogo. A água no fundo da panela, por estar mais aquecida, apresenta maior densidade que a água de camadas superiores. Assim, a água densa de cima troca de posição com a água menos densa da parte de baixo. Professor, chame a atenção dos alunos sobre a convecção forçada, na qual o movimento do fluido não é necessariamente provocado pela variação local da densidade do fluido, mas sim por algum agente externo. Um exemplo é a convecção forçada que ocorre quando uma pessoa transfere calor para o ar ambiente quando uma brisa forte sopra contra o seu corpo. Nesse caso, a taxa de transferência de calor pode ser muito maior do que aquela caso não houvesse vento. Por isso, com o vento, a sensação de frio é maior.

02. Falso. Nos sólidos, não pode haver convecção térmica, pois as moléculas de um sólido, por estarem presas à rede cristalina, não podem sofrer grandes deslocamentos. A convecção térmica é possível apenas nos fluidos. Professor, comente com os alunos que pode haver simultaneamente troca de calor por condução e radiação nos sólidos. Como exemplo, você pode citar o aquecimento de uma placa de vidro recebendo raios solares.

04. Verdadeiro. Para explicar este item, vamos considerar que a garrafa térmica contenha café quente. As paredes espelhadas refletem a radiação infravermelha que o café emite. Grande parte dessa radiação refletida é absorvida pelo café, que, por isso, tende a se manter aquecido. O vácuo entre as paredes inibe a transferência de calor por condução e por convecção, uma vez que a condução é um processo que necessita de um meio material para o calor se difundir e a convecção térmica precisa de um meio material fluido para a ocorrência das correntes de convecção. A tampa da garrafa, basicamente, inibe a transferência de calor da superfície do café para o ar ambiente por meio da convecção térmica.

08. Falsa. Quando a radiação atravessa um meio sem que ela seja absorvida por ele, a temperatura desse não se altera, pois o meio não está recebendo energia da radiação. O melhor exemplo desse processo é a passagem dos raios solares pela atmosfera terrestre, que praticamente não absorve a radiação solar. De forma simplificada, os raios solares que atravessam a atmosfera incidem na superfície da Terra, que absorve boa parte da energia desses raios. Então, por convecção, o solo aquece o ar atmosférico.

Questão 02 – Letra B

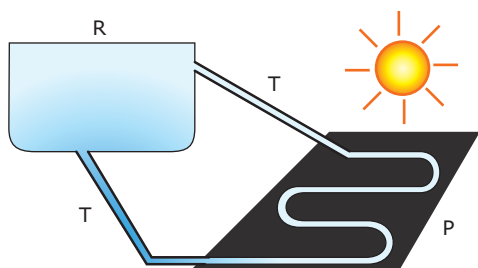
Comentário: No inverno, quando nos deitamos, a cama está fria, à temperatura ambiente. Como nosso corpo está mais quente que a cama, e como boa parte de nossa superfície corporal fica em contato com ela, há uma considerável taxa de transferência de calor de nosso corpo para a cama. À medida que a cama recebe calor do nosso corpo, ela se aquece, e a nossa sensação de frio diminui paulatinamente. O cobertor é importante para reduzir a taxa de transferência de calor do nosso corpo e da cama para o ambiente frio. Em momento algum, o cobertor age como uma fonte de calor. De fato, nos primeiros minutos, ele também está frio e também se aquece ao receber calor do nosso corpo.

Questão 03 – Letra C

Comentário: Embora o cabo da panela seja metálico e bom condutor de calor, ele não se aquece muito. Isso ocorre porque há uma circulação de ar dentro da parte oca do cabo. Essa circulação permite a troca de calor por convecção entre o cabo e o ar ambiente, este a uma temperatura inferior à do cabo. Por ser eficiente, essa transferência convectiva de calor mantém o cabo da panela a uma temperatura não muito alta, permitindo seu manuseio.

Questão 04 – Letra C

Comentário: A reposta desta questão é simples: a água da caixa se aquece por convecção. A água aquecida dentro da serpentina se expande e se torna menos densa do que a água que está na caixa. Assim, a água mais densa da caixa desce e empurra a água menos densa que está na serpentina. Essa circulação de água é chamada de efeito termo sifão. Esse efeito também explica a circulação natural da água em um coletor solar. Professor, não deixe de fazer um paralelo entre a figura desta questão e aquele de um coletor solar simples, como o da figura a seguir (P é a placa absorvedora pintada de preto, T é a tubulação e R é o reservatório de água). Comente ainda que tanto a serpentina do fogão quanto a

serpentina do coletor solar se aquecem por causa da radiação térmica da chama da combustão da lenha e dos raios solares, respectivamente. Nos dois casos, o calor se transmite por condução do exterior para o interior da tubulação.

Questão 05 – Letra B

Comentário: Como $T_3 > T_1$, o calor se propaga da face direita para a face esquerda e $T_3 > T_2 > T_1$. A taxa de transferência de calor ao longo do corpo A é igual à taxa ao longo do corpo B, pois não há variação de temperatura no tempo. Aplicando a Lei de Fourrier aos dois corpos e igualando as taxas de transferência de calor, obtemos:

$$\phi_A = \phi_B \Rightarrow K_A.A_A.(T_2 - T_1)/L_A = K_B.A_B.(T_3 - T_2)/L_B$$

Nessa expressão, as áreas A_A e A_B de cada seção transversal são iguais e podem ser canceladas. O mesmo ocorre com os comprimentos $L_A = L_B = 10$ cm. Substituindo os dados, obtemos a temperatura T_3:

$$1.(T_2 - 300) = 0,2.(1\,500 - T_2) \Rightarrow T_2 = 500 \text{ K}$$

Este problema pode ser resolvido mais rapidamente pensando que o corpo A tem uma condutividade térmica 5 vezes maior que a de B. Por isso, a variação de temperatura ao longo de A deve ser 5 vezes menor que ao longo de B. De fato, para $T_2 = 200$ K, $\Delta T_A = 500 - 300 = 200$ K, que é exatamente 5 vezes menor que do que $\Delta T_B = 1\,500 - 500 = 1\,000$ K.

Exercícios Propostos

Questão 01 – V V V F V

Comentário: Professor, este é um exercício fácil, mas que permite fazer uma excelente revisão sobre o calor e os três processos de transferência de calor.

1ª proposição: Verdadeiro. Esta frase é a definição de calor: energia em transito de um corpo para outro mais frio.

2ª proposição: Verdadeiro. Na condução térmica, a energia térmica passa de molécula a molécula ao longo da rede atômica do corpo. No caso dos metais, há deslocamentos em maior escala de elétrons livres.

3ª proposição: Verdadeiro. Na convecção térmica livre, o calor ocorre por meio do movimento de massas de fluidos com densidades diferentes. Na convecção forçada, o movimento não é necessariamente devido a essa variação local na densidade do fluido (veja a discussão da 1ª afirmativa do Exercício de Fixação 1).

4ª proposição: Falso. A irradiação térmica é o único processo no qual o calor pode se propagar sem a necessidade de um meio material. O melhor exemplo é a radiação térmica que a Terra recebe do Sol, sendo que essa se propaga pelo vácuo existente entre o Sol e a Terra.

5ª proposição: Verdadeiro. A taxa de transferência de calor radiante emitido por um corpo negro com superfície de área A e a temperatura absoluta T é dada pela Lei de Stefan-Boltzmann:

$$\phi_n = \sigma.A.T^4 \Rightarrow \sigma = 5{,}67\text{x}10^{-8} \text{ W/m}^2.\text{K}^4$$

Portanto, ϕ é proporcional à 4ª potência de T. Comente com os alunos que, para baixas temperaturas, como a temperatura ambiente, a emissão de calor por radiação é pequena porque a constante σ é muito pequena. Contudo, como ϕ aumenta com T^4, a radiação se torna muito intensa para temperaturas maiores, como 200 °C (temperatura das paredes do forno de um fogão de casa).

Questão 02 – Letra C

Comentário: O corpo humano é uma máquina térmica. Parte da energia gerada na queima da glicose é transformada em trabalho, e a outra parte deve ser rejeitada na forma de calor para o ambiente. Nós sentimos um conforto térmico quando conseguimos liberar esse calor. Isso é feito de duas formas: calor sensível e calor latente (transpiração). Quando a temperatura ambiente excede a temperatura corporal (caso do deserto a 50 °C, desse exercício), continuamos liberando calor latente, mas deixamos de liberar calor sensível, passando inclusive a absorvê-lo do ambiente. Para reduzir esse aporte indesejado de calor, os habitantes do deserto usam roupas de lã. Se considerarmos o fato de a lã ser má condutora de calor, e se, além disso, ela for branca, fazendo com que grande parte da radiação incidente seja refletida pela roupa, reduzindo a temperatura na face externa da mesma, o fluxo de calor para o nosso corpo diminuirá.

Questão 03 – Letra B

Comentário: A taxa de transferência de calor através da janela de vidro pode ser estimada pela Lei de Fourrier:

$$\phi = K.A.\Delta T/L$$

Substituindo os valores da condutividade térmica do vidro ($K_{vidro} = 0{,}2$ cal/m.s.°C), da área e da espessura da janela ($A = 0{,}5$ m² e $L = 0{,}002$ m), e aproximando a diferença de temperatura entre a face interior e a face exterior da janela como a diferença de temperatura entre o interior e o exterior da casa ($\Delta T = 25 - 5 = 20$ °C), obtemos:

$$\phi = 0{,}2.0{,}5.20/0{,}002 = 1\,000 \text{ cal/s}$$

Assim, em 1 hora (3 600 s), a perda de calor é:

$$Q = \phi.\text{tempo} = (1\,000 \text{ cal/s}).(3\,600 \text{ s}) = 3{,}6 \times 10^6 \text{ cal} = 3{,}6 \times 10^3 \text{ kcal}$$

Questão 04 – Letra E

Comentário: Segundo a equação de Fourier, a taxa de transferência de calor (ϕ) é proporcional à área da seção transversal (A) e inversamente proporcional ao comprimento (L) da barra ($\phi = K.A.\Delta T/L$, sendo K a condutividade térmica e ΔT a diferença de temperatura entre as extremidades da barra). Nesse exercício, a área dobrou, enquanto o comprimento diminuiu para a metade. Logo, a taxa de calor foi quadruplicada. Por isso, a mesma quantidade de calor (nesse caso, as 10 calorias citadas no exercício) será transferida em 1/4 do tempo, ou seja: 2 minutos/4 = 0,5 minutos.

Questão 05 – Letra C

Comentário:

I. O legume se aquece de fora para dentro. Essa transferência de energia ocorre por condução, da mesma forma que ocorre condução de calor ao longo de uma barra metálica com as extremidades a temperaturas diferentes.

II. O ar, na parte superior de uma geladeira, próximo ao congelador, é frio e denso. Por isso, esse ar desce. O ar inferior, mais quente, é menos denso. Por isso, esse ar sobe. Essa circulação de ar caracteriza a transferência de calor por convecção.

III. O calor emitido por qualquer objeto no vácuo (como o do espaço sideral) só pode ser transmitido por radiação. Essa forma de transferência de energia ocorre por meio da propagação de ondas eletromagnéticas, já que estas são capazes de se propagar no vácuo.

Questão 07 – Letra D

Comentário: A porção de água que está sendo aquecida na parte superior do tubo de ensaio se dilata e fica menos densa em relação à água não aquecida. Por isso, ela não desce e não troca de posição com a água que está na parte de baixo do tubo de ensaio. Em outras palavras, não há transferência de calor por convecção térmica. O gelo, assim, pode receber calor por condução através das paredes do tubo de vidro e da própria água. Porém, a água e o vidro são maus condutores de calor. Por isso, a água na parte superior do tubo ferve, sem que o gelo na parte de baixo sofra fusão imediatamente.

Questão 09 – Letra C

Comentário: A afirmativa I é correta, pois a cor negra absorve mais a radiação solar. A afirmativa II é falsa, pois o calor se propaga da placa quente para a água por meio da condução térmica. A água dentro da tubulação e no reservatório é que se aquece por convecção (veja a discussão apresentada no Exercício de Fixação 4). A afirmativa III é verdadeira. A placa de vidro transmite grande parte da radiação solar nela incidente, mas reflete a radiação infravermelha proveniente da placa aquecida do coletor solar. Por isso, essa radiação é reabsorvida pelo interior do coletor solar. Professor, comente ainda que a placa de vidro sobre o coletor solar inibe a perda de calor por convecção para o meio ambiente. Esse conjunto de fatos cria o efeito estufa dentro do coletor solar.

Questão 11 – Letra C

Comentário:

- A parede espelhada interna reflete a radiação infravermelha emitida pelo café quente. A parede espelhada externa reflete a radiação infravermelha emitida pela parede interna, que é aquecida pelo contato com o café. Esses processos impedem o fluxo de calor para o ambiente externo.

- O vácuo entre as paredes inibe a transferência de calor por convecção e por condução térmica entre as paredes. Além das paredes espelhadas e da existência de vácuo entre elas, a garrafa é tampada para impedir que a superfície livre do café troque calor com o ar ambiente através de convecção térmica. É claro que essa tampa é feita de um material isolante para reduzir o fluxo de calor por condução.

Seção Enem

Questão 01 – Letra B

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário:

A) Errada. Os dois tanques são pintados de preto para absorverem maior quantidade de radiação incidente. Sendo metálicos, eles transmitem mais facilmente o calor para a água em seu interior.

B) Correta. O vidro duplo deixa passar grande parte da radiação solar incidente. Os tanques e o ar interno se aquecem. Esse ar poderia subir e trocar calor por convecção com o ambiente. A cobertura de vidro impede tal processo. Além disso, o vidro bloqueia a transmissão de radiação infravermelha emitida pelos tubos para o ambiente, causando um efeito estufa. O ar aprisionado entre os vidros (ou vácuo, em coletores especiais) inibe a transferência de calor por condução.

C) Errada. A água circula devido ao efeito termossifão. A água quente, menos densa, sobe para a parte superior do reservatório de água quente (não mostrada na figura). A água fria, situada na parte de baixo desse reservatório, é mais densa e desce em direção ao coletor solar.

D) Errada. A camada refletiva tem por função receber a luz que passou entre os tanques e refletir parte desta para a parte inferior dos tanques.

E) Errada. Veja o item B.

Questão 02 – Letra D

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 7

Comentário:

A) Errada. De acordo com o diagrama, a atmosfera reflete 30% da radiação solar incidente sobre o planeta, irradia para o espaço 64% da energia solar incidente, e a superfície irradia para o espaço outros 6% da energia solar incidente sobre o planeta. Portanto, conclui-se que não há uma parcela considerável de energia sendo retida pela atmosfera ou pela superfície.

B) Errada. De acordo com o diagrama, a energia refletida pela atmosfera e pela superfície do planeta vale 30% da energia solar incidente, enquanto a energia absorvida pela superfície vale 50%. Portanto, a energia absorvida pela superfície apresenta maior valor que a energia refletida pela atmosfera e pela superfície.

C) Errada. De acordo com o diagrama, a atmosfera absorve 20% da energia solar incidente.

D) Correta. De acordo com o diagrama, 50% da energia solar incidente são absorvidos pela superfície do planeta. Desse valor, 44% são devolvidos para a atmosfera (14% absorvidos pela água e pelo CO_2 da atmosfera, 6% devido às correntes convectivas e 24% para evaporar água dos mares e rios). Apenas 6% dos 50% absorvidos são devolvidos diretamente para o espaço.

E) Errada. A quantidade de energia irradiada para o espaço pela atmosfera vale 64% da energia solar incidente, sendo muito maior do que a irradiada pela superfície, que vale apenas 6%.

Questão 03 – Letra E

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 6

Habilidade: 23

Comentário:

I. O reservatório de água quente abriga a água que foi aquecida no coletor solar. Portanto, esse reservatório deve ser isolado, para impedir a transferência de calor para o ar ambiente. Por isso, mesmo que feito em metal (aço, em geral), o reservatório deve ser recoberto com um forte isolamento térmico. Reservatórios modernos tendem a ser fabricados em plástico, que, além de mais baratos, são isolantes naturais.

II. O vidro inibe a transferência de radiação infravermelha proveniente do interior do coletor solar aquecido, como também inibe a transferência de calor do coletor para o ar por meio de correntes convectivas.

III. A placa e os tubos de água são pintados de preto fosco a fim de permitir uma maior absorção de radiação solar no coletor.

Questão 04 – Letra A

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: Durante o dia, a temperatura do ar continental é maior do que a temperatura do ar marítimo. A brisa diurna tem o sentido do mar para o continente porque o ar continental se aquece e se eleva, criando uma região de baixa pressão. Assim, o ar marítimo se movimenta em direção ao continente.

Durante a noite, a temperatura do ar marítimo é maior do que a temperatura do ar continental. A brisa noturna tem o sentido do continente para o mar porque o ar marítimo se aquece e se eleva, criando uma região de baixa pressão. Assim, o ar continental se movimenta em direção ao mar.

Questão 06 – Letra C

Comentário: A passagem de corrente elétrica pelo filamento da lâmpada faz o filamento ficar a uma temperatura elevada (aproximadamente 2000 K, se a potência da lâmpada for de 100 W, conforme explicação apresentada na Seção Radiação Térmica do caderno principal). O gráfico dado nesta questão indica a intensidade da radiação emitida pela lâmpada. Embora todo corpo emita radiações com todos os comprimentos de ondas, no caso desta lâmpada, a radiação, de acordo com o gráfico, se estende, basicamente, desde a radiação ultravioleta (UV) até a radiação infravermelha (IV). A eficiência da lâmpada é a razão entre a quantidade de energia emitida na forma de luz visível e a quantidade total de energia emitida. Essas quantidades são dadas pelas áreas do gráfico abaixo da faixa de luz visível e abaixo de toda a curva do gráfico. Essa última área corresponde, aproximadamente, a 18 quadrados do fundo quadriculado do gráfico, enquanto a primeira área corresponde a 5 quadrados. Logo, a eficiência da lâmpada é 5/18 = 0,28 (28%). O valor mais próximo é dado na letra C: 25%.

MÓDULO – C 01

Fundamentos da óptica geométrica

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Letra D

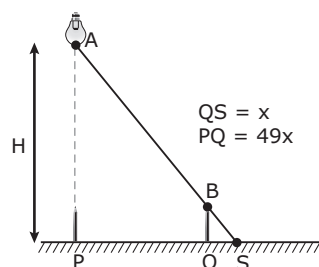
Comentário: O professor deve chamar a atenção para o fato de que o furo triangular é extenso e a "imagem" formada no anteparo não é invertida (não se trata de orifício pequeno). Assim, a lâmpada L_1, já acesa, se encontra à esquerda da montagem, enviando luz para o lado direito do anteparo. O fato de a região iluminada no anteparo ser maior que o tamanho do furo se deve às distâncias da máscara à lâmpada e ao anteparo. Assim, a região iluminada pela lâmpada L_3 se encontra à esquerda e é, também, direta. A região iluminada pela lâmpada L_2, que é fonte extensa na vertical terá dimensão vertical maior que o tamanho do furo, será direta e se localizará entre as outras duas.

Questão 02 – Letra E

Comentário: A questão trata de cores de objetos.

Observamos o objeto com a cor característica da radiação que ele reflete ou transmite. Se ele reflete ou transmite todas as radiações, ele apresenta-se branco; se ele não reflete nenhuma radiação do espectro visível, apresenta-se negro; e se apresenta uma cor específica do espectro visível, caso do verde, significa que ele reflete ou transmite apenas essa radiação. Assim, no primeiro caso, a lâmpada emite luz branca, porém a lâmina de vidro transmite apenas a radiação de cor verde, absorvendo as radiações de outras cores, e o observador verá o vidro como verde. No segundo caso, com a lâmpada ainda emitindo luz branca, o plástico, que é opaco, reflete apenas a radiação verde, absorvendo as radiações de outras cores, de forma que o observador verá o plástico como verde.

Questão 03 – Letra C

Comentário: A questão trata do Princípio da Propagação Retilínea dos Raios de Luz, aplicado em formação de sombras.

Pela figura anterior, que esquematiza a formação da sombra QS do lápis, podemos perceber que os triângulos PAS e QBS são semelhantes. Assim, pela semelhança de triângulos:

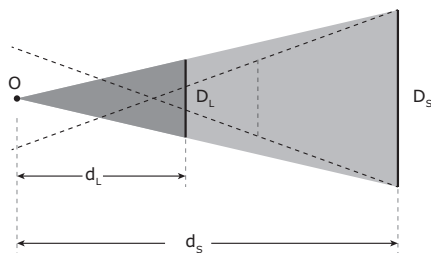
$$\frac{QB}{PA} = \frac{SQ}{SP} \qquad \frac{0,1}{H} = \frac{x}{50x}$$

H = 5,0 m

Questão 04 – Letra A

Comentário: O aluno deve observar que a fonte de luz (lâmpada fluorescente) não é uma fonte pontual. Sendo extensa, haverá formação de sombra e penumbra. Assim, a região diretamente acima da lâmpada estará iluminada, em torno dessa região aparece a penumbra e o restante do teto fica escuro, uma vez que a capa opaca impede a chegada de luz à esta região (sombra da capa opaca). Veja, por último, que o formato da capa é semicircular, o que define a forma das três regiões.

Questão 05 – Letra A

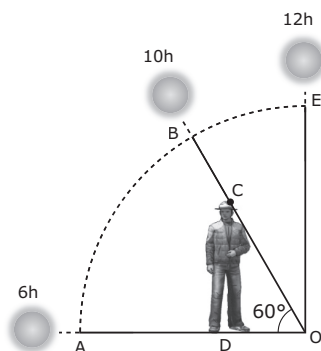
Comentário: Veja a figura a seguir. Nela, estão representados os diâmetros do Sol (D_S) e da Lua (D_L) e as respectivas distâncias (d_S e d_L) até o observador (O) na Terra.

Usando semelhança de triângulos, temos:

$d_L / d_S = D_L / D_S \rightarrow d_L / 151\ 600\ 000 = D_L / 400.D_L \rightarrow$ $d_L = 379\ 000$ km

Veja que, se a Lua estivesse mais afastada do que foi calculado (na posição do pontilhado vertical, por exemplo), a luz do Sol iria seguir as linhas oblíquas pontilhadas e, dessa forma, o observador ficaria na região de penumbra, caracterizando um eclipse anelar ou anular. Disso se conclui que o valor encontrado para a distância da Lua é máximo.

Exercícios Propostos

Questão 03 – Letra C

Comentário: A questão envolve conceitos de propagação retilínea da luz, mais especificamente da formação de sombras.

O arco $\widehat{AE}$, que corresponde à trajetória do Sol das 6h às 12h, mede 90°. Assim, temos que a medida do arco $\widehat{AB}$, sendo o ponto B correspondente à posição do Sol às 10 horas, é determinada por:

$$\frac{AB}{AE} = \frac{10-6}{12-6} \qquad AB = 60º$$

Assim, como o ponto O é o centro da circunferência que contém os pontos A, B e E, AOB = 60°. Do triângulo retângulo DOC, temos:

$$\text{tg } 60º = \frac{CD}{DO} = \sqrt{3}$$

Como DO = 5.0,2 m = 1,0 m, CD = $\sqrt{3} \cong 1{,}7$ m.

Assim, o rapaz mede, aproximadamente, 1,7 m.

Questão 05 – Letra A

Comentário: A questão aborda conceitos de absorção e de reflexão da luz por meio de um gráfico.

Com base no gráfico, pode-se concluir que, para as clorofilas **a** e **b**, o grau de absorção das radiações azul, violeta e vermelha excede 50%, enquanto a absorção de radiação verde chega quase a zero, o que significa alta taxa de reflexão. Assim, as clorofilas, para realizarem a fotossíntese, absorvem predominantemente o violeta, o azul e o vermelho.

Questão 06 – Letra A

Comentário: A questão trata do Princípio da Independência dos Raios Luminosos e da natureza da luz branca.

De acordo com esse princípio, os raios de luz, após se cruzarem, continuam a se propagar como se nada houvesse ocorrido. Assim, a área 1 é vermelha, a área 2 é verde e a área 3 é azul. Na área 4, temos a presença das cores vermelha, verde e azul, cujas radiações sobrepostas geram luz de cor branca. Mas, para essa região mostrar-se branca, é necessário que algum objeto consiga refletir essa luz para os olhos do observador.

Questão 07 – Letra D

Comentário: A questão trata da natureza da luz branca.

Apesar de o nosso sistema óptico diferenciar mais nitidamente as cores vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta, a luz branca é composta de radiações de infinitas frequências diferentes, cujos comprimentos de onda variam de, aproximadamente, 380 nm, que corresponde à radiação violeta, até 780 nm, que corresponde à radiação vermelha.

Questão 08 – Letra A

Comentário: A questão envolve conceitos de cores dos objetos, especialmente de cores obtidas pela reflexão da luz.

Observamos um objeto opaco na cor da radiação que ele reflete. Se ele reflete todas as radiações, ele apresenta-se branco; se ele não reflete nenhuma radiação do espectro visível, apresenta-se negro; e se apresenta uma cor específica do espectro visível, caso do verde, significa que ele reflete apenas aquela radiação. Assim, se vemos as folhas verdes, sabemos que estas refletem difusamente a luz verde do espectro solar.

Questão 13 – Letra B

Comentário: A questão envolve o Princípio da Propagação Petilínea da Luz, com a aplicação em uma câmara escura de orifício.

A partir do princípio da propagação retilínea da luz em meios homogêneos, isotrópicos e transparentes, concluímos que o triângulo de altura **a** e base **D** é semelhante ao triângulo de base **d** e altura **b**. Assim, pela semelhança dos dois triângulos, temos:

$$\frac{a}{D} = \frac{b}{d} \qquad D = \frac{1{,}5 \times 10^{11}\ \text{m} . 9 \times 10^{-3}\ \text{m}}{1{,}0\ \text{m}} = 1{,}4 \times 10^{9}\ \text{m}$$

Questão 14 – Letra B

Comentário: A questão trata de visibilidade de astros.

Se o observador na Terra vê Marte à meia-noite, conclui-se que a Terra está entre Marte e o Sol. Um observador em Marte, ao meio-dia, vê o Sol a pino e, então, também verá a Terra sobre sua cabeça. Sendo assim, conclui-se que a Terra não será visível para um observador em Marte à meia-noite, pois ela está numa região do céu oposta àquela que é visível para este observador.

Questão 15 – Letra D

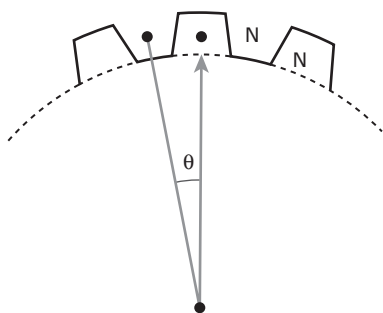
Comentário: A questão trata de conceitos relacionados a eclipses, baseados em conhecimentos sobre fontes extensas e sobre propagação retilínea da luz.

No cone de sombra de um eclipse solar, um observador vê um eclipse total, já que, nele, não chegam raios de luz do Sol, enquanto que, na região de penumbra, observa-se um eclipse parcial, já que essa região está parcialmente iluminada. Analogamente, em uma região plenamente iluminada, como os raios de luz chegam normalmente, um observador não vê o eclipse.

Questão 17 – Letra C

O tempo que a luz gasta, após passar pela roda dentada, para deslocar até o espelho e voltar é:

$d = v.t \Rightarrow 2H = ct_D \Rightarrow t_D = 2H / c$ (em que c é a velocidade da luz).

Nesse mesmo tempo, a roda dentada deve girar um ângulo θ. Veja figura a seguir. Observe que a luz entra por um orifício e, ao retornar, o raio refletido atinge o centro de dente imediatamente adjacente à abertura por onde entrou.

A roda tem N dentes e N aberturas entre eles. Assim o ângulo θ é igual a:

θ = ângulo total de uma volta / (n. dentes + n. aberturas) = $2\pi / 2N \Rightarrow \theta = \pi / N$

A velocidade angular (ω) é: ω = ângulo de giro / tempo gasto = θ / t_G. O tempo de giro será: $t_G = \theta / \omega$

Igualando-se os tempos, tem-se: $t_D = t_G \Rightarrow 2H / c = \theta / \omega \Rightarrow \omega = \theta / (2H / c) =$

$(\pi / N) / (2H /c) \Rightarrow \omega = \pi c / 2HN$

Seção Enem

Questão 01 – Letra D

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 20

Comentário: A questão aborda a percepção das cores pelo olho humano.

Como o indivíduo não tem problema nos bastonetes, ele conseguirá distinguir os níveis de intensidade das radiações, vendo, assim, o objeto com forma e dimensão nítidas. Porém, esse mesmo indivíduo tem problema nos cones e, ao captar a luz vermelha refletida pelo objeto (que, por esse motivo, seria visto vermelho por uma pessoa normal), não conseguirá distinguir essa cor, vendo o objeto na cor cinza.

Questão 02 – Letra E

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 6

Habilidade: 20

Comentário: A figura mostra a Lua, conforme vista no Brasil, na fase crescente. A Lua, nessa fase, nasce por volta do meio-dia e se põe por volta da meia-noite. Assim, ela estará no alto do céu por volta das seis horas da tarde.

Questão 03 – Letra D

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A figura mostra que o dia 02 de outubro será de Lua Cheia. Nessa fase, a Lua nasce por volta das 18h e se põe às 6h da manhã, iluminando o céu a noite toda. Dessa forma, os pescadores devem escolher o final de semana mais perto da data de Lua Cheia, ou seja, os dias 29 e 30 de setembro.

Questão 04 – Letra C

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 6

Habilidade: 22

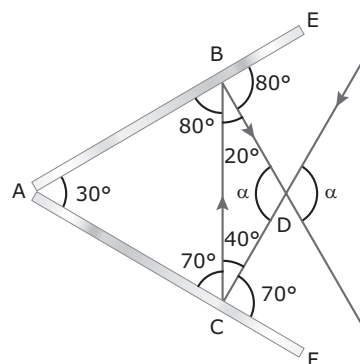
Comentário: Um ano-luz, segundo a definição, corresponde à distância percorrida pela luz em um ano. Tal valor, em km, pode ser obtido multiplicando-se a velocidade da luz ($3,0 \times 10^5$ km/s) pelo tempo de um ano ($3,15 \times 10^7$ s) e equivale, aproximadamente, a $9,5 \times 10^{12}$ km.

MÓDULO – C 02

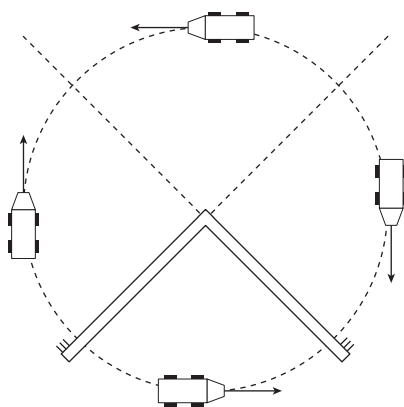
Reflexão da luz e espelhos planos

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Letra D

Comentário: A questão trata das leis fundamentais da reflexão, exigindo conhecimentos de Geometria Plana.

A segunda lei da reflexão diz que o ângulo do raio incidente com a normal é igual ao ângulo do raio refletido com a normal. $A\hat{C}B = 70°$ e, consequentemente, $B\hat{C}D = 40°$. Assim, pela propriedade referente à soma dos ângulos internos de um triângulo, $A\hat{B}C = 80°$. Novamente pela primeira lei da reflexão, $D\hat{B}E = 80°$ e, consequentemente, $D\hat{B}C = 20°$. Assim, usando o fato de que a soma dos ângulos internos de BCD vale 180º, achamos que $B\hat{D}C = \alpha = 120°$.

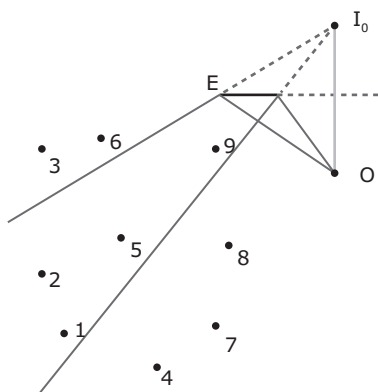
Questão 02 – Letra A

Comentário: Veja, na figura a seguir, as três imagens formadas pelos espelhos colocados a 90º.

As imagens verticais são formadas por cada espelho tomando-se o carrinho como objeto. Essas imagens servem de "objeto" para o prolongamento dos espelhos (em linhas pontilhadas), que formam uma 3ª imagem na horizontal (que determina a resposta da questão). Veja que as imagens e o objeto ficam igualmente distribuídos em um círculo de centro no contato entre as extremidades dos espelhos. Observe, por último, que as imagens são todas simétricas ao respectivo espelho.

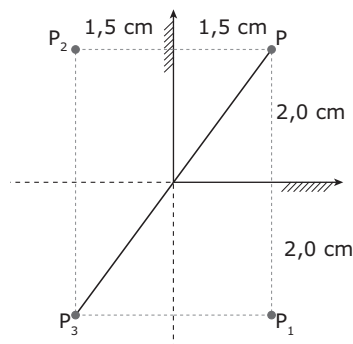
Questão 03 – Letra C

Comentário: Veja que o observador está parado em relação ao espelho. Dessa forma, o movimento da imagem é o mesmo para os dois referenciais. Como a bailarina se aproxima do espelho, a sua imagem também se aproxima do espelho e do observador com a mesma velocidade em módulo, igual a V. A bailarina, por sua vez, se desloca com velocidade V e nota que a sua imagem dela se aproxima com velocidade, também, V. Assim, a imagem se aproxima da bailarina com velocidade 2V.

Questão 04 – Letra C

Comentário: Veja, na figura a seguir, o espelho (E), o olho do observador (O), a "imagem" do olho formada pelo espelho (I_O) e a luz que se dirige às bordas do espelho e seus raios refletidos. Esses raios e o espelho definem o campo visual do espelho para tal observador. Observe que os pontos 1, 2, 5 e 9 estão dentro do campo visual e podem ser vistos pelo observador.

Questão 05 – Letra E

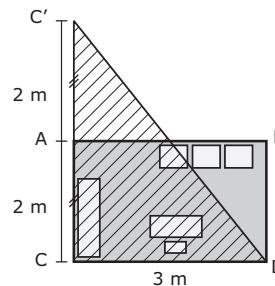
Comentário: A questão trata de associação de espelhos planos e da distância de um objeto à imagem formada pelo espelho plano.

Observe a figura a seguir, que esquematiza imagens do objeto fornecidas pela associação dos espelhos.

Considerando N o número de imagens de P fornecidas pela associação dos espelhos, θ o ângulo entre os espelhos planos, podemos usar a relação N = (360/θ) – 1 para encontrar o número de imagens formadas. Com θ = 90°, temos N = 3. Considerando que a distância da imagem ao espelho é igual à distância do objeto ao espelho, a distância entre P e P_2 é de 3 cm e entre P e P_1 é de 4 cm. Utilizando o Teorema de Pitágoras no triângulo formado por P, P_1 e P_3, calculamos a distância entre P e P_3, sua imagem mais afastada, que é de 5 cm.

Exercícios Propostos

Questão 03 – Letra D

Comentário: A questão trata da formação de imagens em espelhos planos.

Observe a figura a seguir, que ilustra a formação da imagem C' do canto C.

Para um espelho plano, a distância do objeto ao espelho é sempre igual à distância da imagem desse objeto ao espelho. Assim, a imagem do canto C será formada a 4 m de C, na direção de CA. Portanto, pelo triângulo retângulo pitagórico destacado na figura, temos que o canto D distará 5 m da imagem C' de C.

Questão 04 – Letra C

Comentário: A questão trata da formação de imagens em espelhos planos e das inversões da imagem em relação ao objeto.

Em um espelho plano, há a inversão lateral e de profundidade, porém a imagem não fica de ponta-cabeça. Assim, considerando a imagem fornecida pelo enunciado e observando que o objeto encontra-se invertido lateralmente em relação a esta, conclui-se que o cartaz é corretamente representado pela alternativa C.

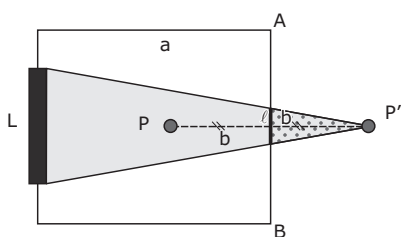
Questão 09 – Letra D

Comentário: A questão trata da associação de espelhos planos, mais especificamente do número de imagens formado por uma associação desse tipo.

Como há 3 bailarinas e como podem ser vistas no máximo 24 bailarinas, há a formação de (24 – 3)/3 = 7 imagens de cada bailarina. Considerando N o número de imagens de cada bailarina e θ o ângulo entre os espelhos planos, podemos usar a relação $N = (360/\theta) - 1$ para achar o ângulo entre os espelhos planos. Substituindo o valor N = 7, encontramos $\theta = 45°$. Como $360/\theta$ é par, não há restrições à posição das bailarinas em relação aos espelhos.

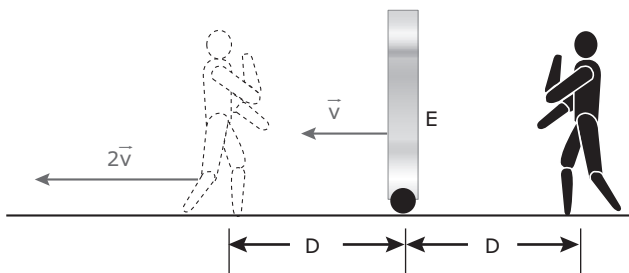
Questão 10 – Letra C

Comentário: A questão trata da determinação gráfica de imagens em espelhos.

A figura a seguir esquematiza o campo de visão do espelho, na situação em que o cabeleireiro consegue enxergar toda a extensão da porta de entrada a suas costas.

Considerando b a distância do cabeleireiro ao espelho e ℓ a largura deste, pela semelhança dos triângulos destacados na figura, temos:

$$\frac{b}{a+b} = \frac{\ell}{L} \Rightarrow \ell = \frac{bL}{a+b}$$

Questão 11 – Letra C

Comentário: A questão trata de translação de espelhos planos e de velocidade relativa entre objeto e espelho.

Pela figura anterior, podemos perceber que, para uma velocidade relativa de módulo v entre o espelho e o objeto, a imagem terá uma velocidade de módulo 2v em relação ao objeto. Como o módulo da velocidade relativa entre o objeto e o espelho é 4 m/s – 3 m/s = 1 m/s, o módulo da velocidade da imagem, em relação ao observador, é de 2 m/s.

Questão 12 – Letra A

Comentário: O número de imagens formadas pelos espelhos é $N = (360/\alpha) - 1$.

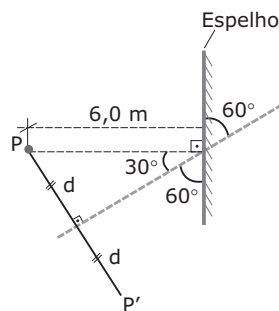
Para o ângulo θ, temos: $n = (360/\theta) - 1 \Rightarrow (360/\theta) = n + 1$

Para o ângulo $\theta/4$, temos: $m = (360/\theta/4) - 1 \Rightarrow 4(360/\theta) = m + 1 \Rightarrow (360/\theta) = (m + 1)/4$

$(m + 1) = 4(n + 1) \Rightarrow m = 4n + 3$

Questão 13

Comentário: A questão trata da rotação de espelhos planos.

A figura a seguir representa a situação proposta pelo enunciado da questão.

Pela figura anterior, podemos observar que a nova distância d do ponto P ao espelho é de 6.sen 30° = 3 m. Assim, sua distância à sua imagem é de 3 m + 3 m = 6 m.

Seção Enem

Questão 01 – Letra A

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário: A questão trata do comportamento da luz ao incidir em espelhos planos.

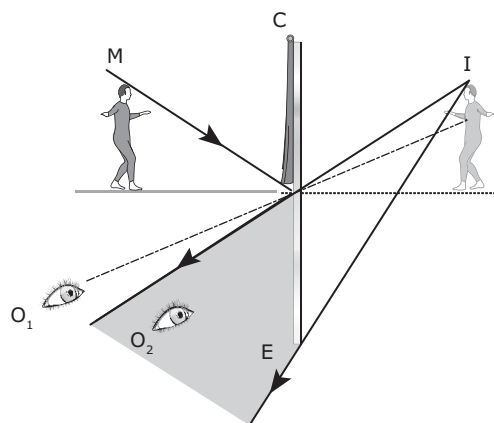
Pela direção dos raios solares, percebemos que estes, ao serem refletidos, serão direcionados para pontos próximos ao ponto 1. Os tubos absorvedores, se postos lá, receberão a maior quantidade de energia solar possível.

Questão 02 – Letra E

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: A figura a seguir mostra o campo visual (da cabeça do objeto) para a parte do espelho não coberta com a cortina. Veja que o observador O_2 poderá ver toda a imagem do malabarista, uma vez que ele se encontra dentro desse campo visual. O observador O_1, entretanto, poderá ver apenas a parte inferior da imagem (abaixo da linha pontilhada).

Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 1

Habilidade: 1

Comentário: A imagem de um objeto formada por um espelho plano é sempre simétrica em relação ao objeto e, dessa forma, invertida lateralmente em relação a este. Como no periscópio temos dois espelhos planos paralelos, o espelho inferior inverte a imagem formada pelo espelho superior (que é invertida em relação ao objeto). Portanto, as inversões laterais são compensadas e o observador vai enxergar uma imagem final igual ao objeto.

Questão 04 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 2

Habilidade: 1

Comentário: Observe, na figura 1, que o máximo de absorção ocorre próximo ao comprimento de onda de 500 nm. A figura 2 nos mostra que a substância absorve intensamente o verde. Conforme o texto, a cor que ela apresenta é oposta ao verde. Logo, a substância é vermelha.

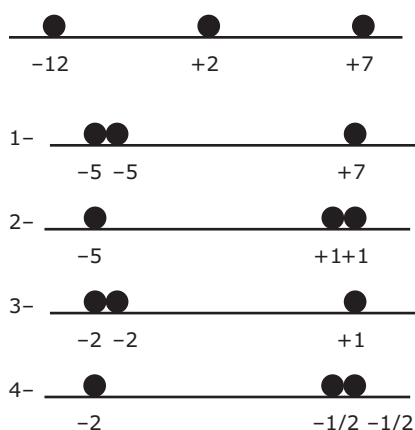
MÓDULO – D 01

Eletrização

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Letra B

Comentário: Como as esferas são iguais, elas dividem igualmente a carga total em cada contato. Veja, a seguir, a sequência de contatos entre as esferas e a carga de cada uma em nC.

Situação inicial:

Após o 4º contato, as esferas não mais se tocaram por não haver mais atração entre elas. Assim, a carga final de cada uma está mostrada na figura 4. A carga C fica mais próxima da esfera B.

Questão 02 – Letra E

Comentário: A questão trata de eletrização e de fundamentos de força elétrica.

Cargas de mesmo sinal, independentemente de serem positivas ou negativas, repelem-se. Assim, as esferinhas possuem cargas de mesmo sinal, podendo ser positivas ou negativas.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Conforme a série triboelétrica, cada material se eletriza positivamente quando atritado com o corpo à sua direita. Vamos, então, montar a referida série para os materiais em questão.

Da primeira informação: Vidro (+) - Lã (−)

Da segunda informação: Algodão (+) - Enxofre (−)

Da terceira informação: Lã (+) - Algodão (−)

Assim, a série será: Vidro (+) - Lã (+) - Algodão (−) - Enxofre (−).

Portanto, o vidro ficará positivamente eletrizado se atritado com o algodão e com o enxofre.

Questão 04 – Letra E

Comentário: A questão trata de eletrização por indução e sua aplicação em eletroscópios de folhas.

Ao aproximarmos um bastão eletrizado negativamente do primeiro eletroscópio, o bastão irá repelir cargas negativas da esfera, fazendo com que as folhas do eletroscópio fiquem com excesso de cargas negativas. Consequentemente, as folhas se afastam por causa da força de repulsão elétrica. No segundo eletroscópio, as cargas negativas, repelidas pelo bastão, fluem para a Terra e a configuração das folhas do eletroscópio não é alterada, pois não há fluxo de cargas para as folhas, já que a ligação com a Terra não foi desfeita. Logo, a alternativa que mostra a configuração correta das folhas do eletroscópio em cada uma das situações é a alternativa E.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Na figura I, as esferas R e S ficam induzidas com cargas positivas na região entre elas e com cargas negativas nas partes externas. Após o contato do dedo do professor com a esfera S, os elétrons induzidos vão para o corpo do professor e ela fica eletrizada positivamente. Com o afastamento da esfera isolante, a esfera R, cuja carga total era nula, continua neutra e a esfera S eletrizada positivamente.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra A

Comentário: A questão trata da definição de dielétrico e de fundamentos de eletrização de corpos.

I. Um corpo encontra-se eletrizado, quando há um desequilíbrio entre a quantidade total de cargas positivas (prótons) e negativas (elétrons) presentes nele. Assim, um corpo não eletrizado apresenta o mesmo número de prótons e de elétrons. (Verdadeiro)

II. Um corpo não eletrizado apresenta o mesmo número de prótons e de elétrons. Se ele perde elétrons, que têm carga negativa, fica com uma quantidade de cargas positivas maior que a de cargas negativas, tornando-se positivamente eletrizado; se ele ganha elétrons, ele fica com uma quantidade de cargas positivas menor que a de cargas negativas, tornando-se negativamente eletrizado. (Verdadeiro)

III. Dielétrico é aquele meio que não permite um fluxo significativo de cargas em sua estrutura, não havendo relação com a capacidade de se eletrizar. Assim, se dielétricos recebem ou perdem elétrons na eletrização por atrito, por exemplo, eles ficam eletrizados. (Falso)

Assim, as afirmativas I e II são verdadeiras.

Questão 05 – Letra B

Comentário: A questão trata de repulsão entre corpos carregados.

Bernardo – Como houve repulsão, as esferas estão com cargas de mesmo sinal. Assim, Bernardo está errado.

Rodrigo – Como as esferas estavam inicialmente neutras, após as cargas serem transferidas para uma delas, esta ficou eletrizada. Porém, como o fio é metálico, houve transferência de cargas de uma esfera para outra, sendo que elas ficaram com cargas de mesmo sinal, repelindo-se. Assim, Rodrigo está correto.

Questão 08 – Letra C

Comentário: A questão trata de eletrização, mais especificamente, eletrização por atrito.

I. Garfield atrita suas patas no carpete de lã e, pela sequência das tiras, observamos que suas patas adquiriram cargas elétricas. Assim, houve eletrização por atrito. (Verdadeiro)

II. Como visto no item anterior, o processo ilustrado é conhecido como o eletrização por atrito. (Falso)

III. Garfield estava eletrizado, e tanto o homem como o cachorro, não eletrizados. Assim, houve movimentação de cargas entre Garfield e os corpos, o que gerou a faísca elétrica. (Verdadeiro)

Assim, as afirmativas I e III são corretas.

Questão 09 – Letra A

Comentário: A questão trata de eletrização por indução.

Como as esferas estavam em contato antes do afastamento da barra carregada, a barra positiva induz uma nova distribuição de cargas no sistema, fazendo com que a carga negativa fique concentrada na esfera da esquerda e a carga positiva, na esfera da direita. Assim, ao serem mantidas próximas uma da outra, devido às forças de atração entre cargas de sinais opostos, há o acúmulo de cargas negativas na parte direita da esfera da esquerda e há acúmulo de cargas positivas na parte esquerda da esfera da direita, gerando a configuração representada na alternativa A.

Questão 10 – Letra B

Comentário: A questão trata da parte quantitativa da eletrização por contato.

Como as três esferas têm raios iguais, após cada contato, as duas esferas que estavam em contato terão carga de mesmo sinal e de mesmo módulo, já que as cargas finais de ambas são proporcionais aos seus raios. Assim:

Contato entre M_1 e M_2: Carga total: $Q + 0 = Q$
Carga final: $M_1 = Q/2$; $M_2 = Q/2$

Contato entre M_2 e M_3: Carga total: $Q/2 + Q = 3Q/2$
Carga final: $M_2 = 3Q/4$; $M_3 = 3Q/4$

Dessa forma, a carga final das esferas será $M_1 = Q/2$; $M_2 = 3Q/4$; $M_3 = 3Q/4$.

Questão 12 – Letra C

Comentário: A questão trata de condução elétrica, de eletrização por contato e de repulsão de corpos com cargas de mesmo sinal.

Como as esferas são condutoras, estão em contato e têm o mesmo raio, pode-se concluir que haverá escoamento de carga para todas as esferas, que ficarão com carga igual a +Q/4. Assim, todas se repelirão e ficarão afastadas uma das outras, como mostra a alternativa C.

Questão 14 – Letra C

Comentário: Esferas condutoras de mesmo raio ficam com cargas idênticas após o contato. Assim, após encostar A em B, cada uma delas fica com carga de 3,2 μC e, nessa etapa, foram transferidos 3,2 μC de cargas. Após o contato entre B e C, cada uma fica com 1,6 μC e, agora, foram transferidos 1,6 μC. Dessa forma, o total de cargas transferidas entre as esferas foi: 3,2 + 1,6 = 4,8 μC. Como a carga do elétron é $1{,}6 \times 10^{-19}$ C, a quantidade de elétrons transferidos foi de $3{,}0 \times 10^{13}$.

Questão 15 – Letra C

No contato entre esferas idênticas, a carga total se divide igualmente entre elas. Assim, após cada contato com esferas neutras, a esfera condutora A fica com metade de sua carga inicial. Como houve 11 contatos, a sua carga final será: $Q \rightarrow Q/2 = Q/2^1 \rightarrow Q/4 = Q/2^2 \rightarrow ..... \rightarrow Q/2048 = Q/2^{11}$.

Seção Enem

Questão 01 – Letra D

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: A questão trata da repulsão elétrica e da eletrização por contato.

Os grãos de pólen, neutros, ao entrarem em contato com a abelha, eletrizam-se positivamente, devido ao fluxo de cargas negativas destes para a abelha. Os dois corpos, assim, ficarão positivos, ocorrendo repulsão elétrica, que é compensada pela força que as cerdas do corpo da abelha fazem nos grãos de pólen, impedindo-os de se afastarem.

Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: Uma vez que o objeto eletrizado não toca a esfera do eletroscópio, não pode houver transferência de cargas entre os objetos. À medida que o corpo eletrizado se aproxima do eletroscópio, parte dos elétrons que estão nas folhas vai migrando para a esfera, o que faz diminuir a abertura daquelas.

Observação: As cargas positivas (prótons) não podem se deslocar pelo eletroscópio.

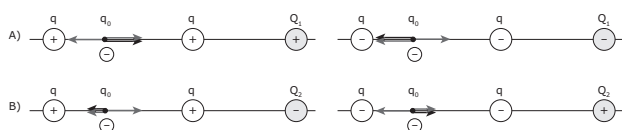
MÓDULO – D 02

Força elétrica

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Letra B

Comentário: Na configuração C, a carga q_0 está equidistante das cargas q (de mesmo sinal). Assim, as forças exercidas pelas cargas q sobre a carga q_0 são simétricas e se anulam. Logo, o equilíbrio nessa posição só é possível se a carga Q_3 for neutra, ou seja, $Q_3 = 0$.

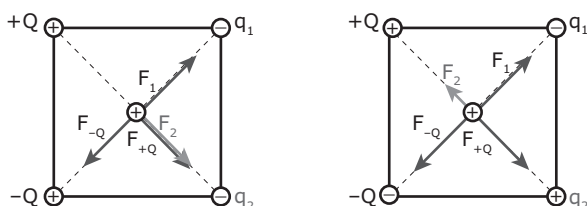
Observe, entretanto, que não sabemos o sinal das cargas q. Note que a força elétrica é maior quando a distância entre as cargas for menor. Veja as figuras a seguir, que mostram as forças exercidas sobre q_0 nas configurações A e B e com as duas possibilidades de sinal para as cargas q:

Observe pelas figuras anteriores que as cargas Q_1 e Q_2 devem ter sinais opostos. Assim, a única alternativa possível é a B.

Questão 02 – Letra C

Comentário: A questão trata de eletrização por indução.

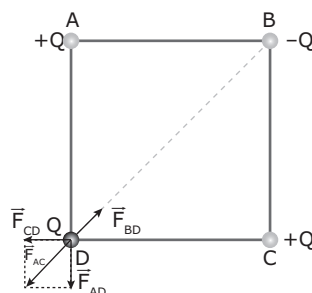
No início, as 4 esferas estão neutras, já que não há forças de atração nem de repulsão entre elas. Quando se fornece carga a uma das esferas, se o fio for condutor, ambas as esferas ficam com cargas de mesmo sinal, repelindo-se, caso da montagem I. Se o fio for isolante, não haverá movimento de cargas através do fio, e a esfera carregada induzirá uma nova distribuição de cargas na esfera neutra, onde as forças de atração terão módulo maior que as forças de repulsão, e as duas esferas se atrairão, caso da montagem II. Assim, na montagem I, ambas as esferas estão carregadas e, na II, apenas uma delas está carregada.

Questão 03 – Letra D

Comentário: Veja as figuras a seguir. Para que a resultante de forças aponte na direção fornecida, as F_1 e F_{-Q} devem se anular. Assim, q_1 deve ser negativa e seu módulo deve ser igual ao da carga –Q ($q_1 = -Q$). A carga q_2, por sua vez, pode ser negativa ou positiva. A primeira figura mostra $q_2 < 0$, e a segunda, $q_2 > 0$. Se q_2 é negativa, temos $q_1 + q_2 < 0$. Se $q_2 > 0$, o seu módulo deve ser menor que o de +Q para que a resultante de forças aponte para baixo. Logo, nesse caso, $q_2 < q_1$ e, também aqui, $q_1 + q_2 < 0$.

Questão 04 – Letra C

Comentário: A permissividade elétrica (ε) ou constante dielétrica (C) de um meio é a razão entre as constantes da Lei de Coulomb do vácuo (K_0) e daquele meio (K), ou a razão entre as forças elétricas entre duas cargas no vácuo (F_0) e naquele meio (F), ou seja: $\varepsilon = C = K_0 / K = F_0 / F$. Veja, portanto, que a força elétrica é inversamente proporcional à sua constante dielétrica (ε). Conforme enunciado, as mesmas cargas são colocadas à mesma distância em três meios diferentes. As forças elétricas nesses meios são $F_1 = F$, $F_2 = 2F$ e $F_3 = F/2$ $\Rightarrow \varepsilon_2 = \varepsilon_1/2$ e $\varepsilon_3 = 2\varepsilon_1$. O meio 1 é o óleo (valor intermediário aos outros dois). O meio 2 tem metade da permissividade do óleo, sendo, portanto, a parafina. O meio 3, com o dobro da permissividade do óleo, é o vidro.

Questão 05 – Letra D

Comentário: A figura a seguir ilustra a situação descrita pelo problema.

Seja L o lado do quadrado. A carga colocada em D sofre a ação das três forças (F_{AD}, F_{CD} e F_{BD}) indicadas. Essas podem ser calculadas por:

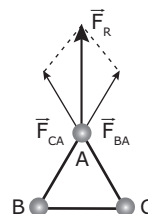
$$F_{AD} = F_{CD} = KQ^2/L^2 \quad \text{e} \quad F_{BD} = KQ^2/(L\sqrt{2})^2 = KQ^2/2L^2$$

A resultante (F_{AC}) entre F_{AD} e F_{CD} é a diagonal do quadrado dessas forças, vale $F_{AC} = \sqrt{2}KQ^2/L^2$ e tem a mesma direção de F_{BD}. Veja, porém, que $F_{AC} > F_{BD}$. Dessa forma, a carga colocada no vértice D fica submetida a uma resultante das três forças na direção BD e para fora do quadrado. Assim, ela se afasta de –Q.

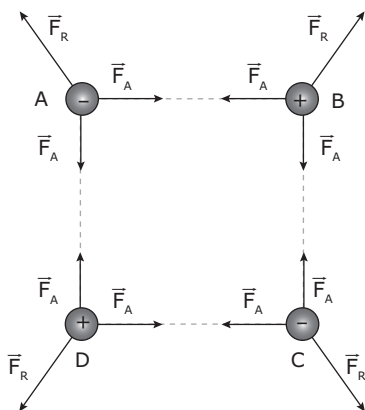
Observação: Não há necessidade de se calcular a resultante (F_{AC}) para chegar à resposta. Basta observar que F_{AD} e F_{CD} são maiores que F_{BD} e, portanto, a carga no vértice D terá de se afastar de –Q.

Exercícios Propostos

Questão 05 – Letra D

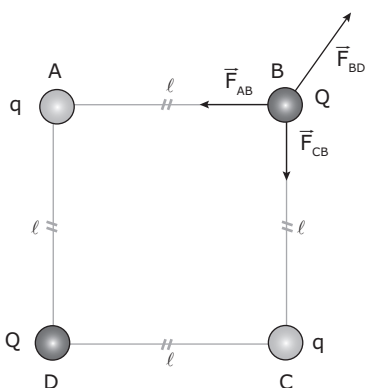
Comentário: Observe que as cargas têm o mesmo sinal e, sendo elas positivas ou negativas, as forças exercidas por B e C sobre A são de repulsão. Dessa forma, a resultante aponta para fora do triângulo, conforme mostra o diagrama. Assim, a força resultante será vertical para cima, independentemente dos sinais das cargas.

Observação: Veja que o enunciado não informa se as cargas B e C têm o mesmo módulo. A solução apresentada considera esse fato – e somente para essa situação a solução está correta – uma vez que as alternativas se referem a resultantes verticais. Se os módulos das cargas B e C fossem diferentes, a resultante não seria vertical.

Questão 07 – Letra C

Comentário: A figura mostra configuração de cargas da alternativa C, que é a correta, e as forças de atração (F_A) e de repulsão (F_R) que atuam em cada carga. Veja, pela figura, que a resultante de forças sobre qualquer das cargas poderia ser nula, conforme o enunciado. Observe que essa situação corresponde às cargas de mesmo sinal colocadas em vértices opostos.

Para qualquer outra configuração de cargas das demais alternativas, a resultante de forças jamais poderia ser igual a zero. O professor poderia desenhar todas as demais alternativas, pedir a um aluno para escolher qualquer carga de cada uma delas e mostrar que a resultante sobre a escolhida jamais seria nula.

Observação: Os valores das cargas capazes de permitir o equilíbrio do sistema estão calculados na questão 08.

Questão 08 – Letra D

Comentário: A questão trata da Lei de Coulomb. Veja a figura a seguir.

Pela figura, percebe-se que as cargas Q e q têm de ter sinais opostos. Como as cargas em A e C têm mesmo módulo, a resultante entre F_{AB} e F_{CB} fará 45° com a horizontal e terá módulo $F_{AB}\sqrt{2}$. Assim, F_{CD} deverá ter esse mesmo módulo:

$$\frac{KQ^2}{2\ ^2} = -\frac{KqQ\sqrt{2}}{^2} \qquad \frac{Q}{q} = -2\sqrt{2}$$

Questão 09 – Letra E

Comentário: A questão trata de atração e repulsão elétrica e de eletrização por contato.

Como há repulsão elétrica entre o bastão e o pêndulo, ambos estão eletrizados com cargas de mesmo sinal. No segundo caso, o bastão continua eletrizado, e, como houve atração após o descarregamento da esfera do pêndulo, este se encontra neutro. Após encostar a esfera do pêndulo no bastão, o pêndulo adquiriu carga de mesmo sinal da carga do bastão. Como o sinal da carga do bastão manteve-se intacto durante o processo, o sinal da carga final do pêndulo é igual ao sinal da carga inicial do pêndulo, que será igual ao sinal da carga do bastão. Assim, as duas opções que representam configurações possíveis são: positiva, neutra, positiva (2) e negativa, neutra, negativa (5).

Questão 11 – Letra A

Comentário: A questão trata da Lei de Coulomb. Chamando a esfera inserida de C, temos que a força resultante sobre A valerá:

$$F_R = F_{BA} + F_{CA}$$

$$F_{CA} = \frac{Kq^2}{(d/2)^2} = \frac{4Kq^2}{d^2} = 4F_{BA}$$

Como ambas as forças têm mesma direção e sentido, a resultante terá módulo F + 4F = 5F.

Questão 12 – Letra E

Comentário: A questão trata da Lei de Coulomb.

Chamando de $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ e $\vec{F}_3$ as forças que q exerce sobre q_1, q_2 e q_3, respectivamente, e de ℓ o lado do quadrado:

$$F_1 = \frac{Kqq_1}{^2}\ ; \quad F_2 = \frac{Kqq_2}{2\ ^2}\ ; \quad F_3 = \frac{Kqq_3}{^2}$$

Assim, igualando-se as expressões anteriores, achamos que $q_1 = q_3 < q_2$.

Questão 15 – Letra E

Comentário: A questão trata da Lei de Coulomb.

Chamando de $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ as forças que q exerce sobre Q_1 e Q_2, respectivamente, e sabendo que a distância entre q e Q_2 vale $\sqrt{d^2 + 4d^2} = d\sqrt{5}$, temos que:

$$F_1 = \frac{KQ_1q}{d^2}$$

$$F_2 = \frac{KQ_2q}{\left(d\sqrt{5}\right)^2} = \frac{5KQ_1q}{5d^2} = \frac{KQ_1q}{d^2} \therefore F_1 = F_2$$

Seção Enem

Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: A questão aborda fundamentos de força elétrica, em paralelo com a força gravitacional.

A) A força gravitacional entre dois corpos pode ser maior que a força elétrica entre esses corpos, dependendo da relação carga / massa dos corpos envolvidos. (Falso)

B) A força elétrica entre corpos com carga de mesmo sinal é atrativa, caso do elétron e do próton. (Falso)

C) Como a distância entre as cargas é muito pequena (ordem de angstrons), a força elétrica não pode ser muito pequena, já que esta depende do inverso do quadrado da distância. (Falso)

D) A força elétrica existente entre duas cargas depende do inverso do quadrado da distância entre as cargas. Assim, quando a distância entre dois átomos dobra, a força de repulsão fica 4 vezes menor. (Falso)

E) A força de atração entre íons de sinais opostos de um sal é, aproximadamente, 80 vezes menor em relação a seu valor no vácuo, quando os íons são imersos na água. Isso se deve ao grande valor da constante dielétrica da água. (Verdadeiro)

Questão 02 – Letra D

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: A força elétrica entre as esferas pode ser calculada pela Lei de Coulomb. Tal força é diretamente proporcional à constante K da referida lei. Como tal constante é inversamente proporcional à constante dielétrica do meio, a força elétrica entre as esferas, quando mergulhadas no óleo, ficará cinco vezes menor que a força entre elas no ar. Como o peso das esferas continua o mesmo e o empuxo foi desprezado, o ângulo entre os fios vai diminuir.

Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: Na situação proposta pelo enunciado, para que o elétron oscile em torno de sua posição inicial, é necessário que atue sobre ele uma força restauradora, força resultante que atua sobre um corpo tendendo a trazê-lo de volta para sua posição de equilíbrio. Portanto, conclui-se que a força resultante que atua sobre o elétron deve possuir a mesma direção de seu movimento e deve estar orientada para o centro do quadrado. Analisando as alternativas da questão, verificamos que só há possibilidade de o elétron oscilar na configuração de cargas da alternativa C.

MÓDULO – D 03

Campo elétrico

Exercícios de Fixação

Questão 01 – Letra D

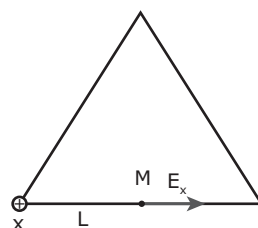
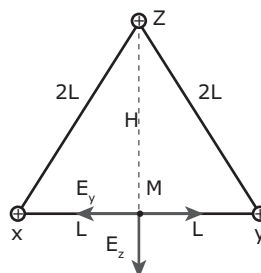
Comentário: A questão trata de indução elétrica e de forças devido a um campo elétrico.

I. Como o bastão está positivamente eletrizado, ele atrairá cargas negativas para si, induzindo uma nova distribuição de cargas em P, com as cargas negativas mais próximas de si. (Verdadeiro)

II. Como a esfera metálica P está isolada (suspensa por um fio isolante), pelo Princípio da Conservação das Cargas, a soma algébrica das cargas contidas em P não muda, mesmo com a nova distribuição destas. (Verdadeiro)

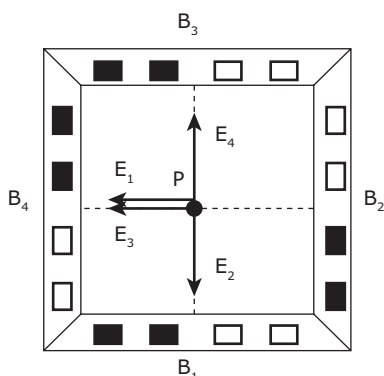
III. Se o campo criado por M fosse uniforme, como o valor numérico das cargas positivas e negativas induzidas em P é igual, a força de atração teria mesmo módulo da força de repulsão, e P não se deslocaria em direção a M. (Verdadeiro)

Questão 02 – Letra E

Comentário: As figuras a seguir mostram a situação inicial e final dos campos elétricos no ponto M, respectivamente. Considere que as cargas sejam positivas (se fossem negativas, o resultado seria o mesmo) e iguais a Q e que o triângulo tem lado igual a 2L. Assim, o quadrado da altura (h) é $h^2 = 3L^2$ (Teorema de Pitágoras na metade do triângulo).

Na primeira figura, o campo resultante é $E = E_Z = k\ |Q|/h2 = k\ |Q|\ /\ 3L2$.

Na segunda figura, o campo resultante é $E' = k\ |Q|/L^2$. Logo, $E' = 3E$.

Questão 03 – Letra B

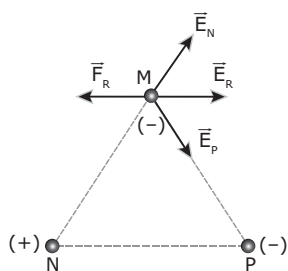
Comentário: A figura a seguir mostra os campos elétricos gerados por cada uma das barras (1, 2, 3 e 4) no centro da armação. Nela podemos perceber que o campo elétrico resultante aponta para a esquerda.

Questão 04 – Letra A

Comentário: Observe que o campo elétrico (E) entre as placas é uniforme, aponta para a direita (da placa positiva para a negativa) e que as partículas foram lançadas perpendicularmente a esse campo. O nêutron (q = 0) não sofre ação do campo elétrico e, dessa forma, sua trajetória corresponde ao feixe II. O elétron (carga negativa) se desvia em sentido contrário ao campo elétrico (feixe I) e o próton (carga positiva) é desviado no mesmo sentido do campo (feixe III).

Observação: O enunciado diz que "Um feixe de partículas ... penetra em uma região...". Daí pode-se concluir que as partículas foram lançadas com a mesma velocidade. Assim, o professor deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que a questão poderia ser resolvida mesmo que o sinal das placas fosse omitido. O próton e o elétron têm cargas de mesmo módulo. Assim, eles recebem forças de mesma intensidade, mas o elétron (que tem massa muito menor) deve sofrer um desvio muito mais acentuado que o desvio sofrido pelo próton.

Questão 05 – Letra D

Comentário: A questão trata do campo elétrico gerado por cargas puntiformes e da ação deste sobre cargas de prova.

Observe a figura a seguir.

Pela figura, vemos que o vetor campo elétrico resultante em M aponta para a direita, e, como a carga presente nesse ponto é negativa, a força elétrica aponta para a esquerda (mesma direção e sentido contrário ao do campo elétrico).

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra D

Comentário: A questão trata do sentido de campos elétricos gerados por cargas puntiformes e do comportamento de cargas sujeitas à ação desses campos.

Os vetores $\vec{E}$ e $\vec{F}$ representam grandezas físicas diferentes, e, por isso, não podem ser somados. Assim, eles nunca irão se anular, mesmo se tiverem mesmo valor numérico, mesma direção e sentidos opostos.

Questão 03 – Letra E

Comentário: A questão trata das linhas de força de campo elétrico.

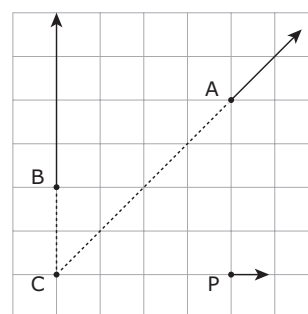
A direção do campo elétrico em um ponto é sempre tangente à linha de força que passa pelo ponto, com o mesmo sentido desta. Assim, uma carga positiva no ponto A sofrerá uma força resultante tangente à linha de força no ponto A, com mesmo sentido do campo elétrico, direcionado para a direita. A aceleração inicial da carga terá a mesma direção e sentido dessa força, já que não há outras forças envolvidas, mas não seguirá a linha de força.

Questão 04 – Letra B

Comentário: A questão trata de linhas de força de campo elétrico.

Temos que q_2 é positiva, pois as linhas de força divergem dela, e que q_1 é negativa, pois as linhas de força estão convergindo para ela. Assim, $|q_2| > |q_1|$, pois saem mais linhas de força de q_2 do que chegam em q_1.

Questão 05 – Letra D

Comentário: A questão trata do sentido e do módulo de campos elétricos gerados por cargas elétricas puntiformes. A figura a seguir esquematiza a situação descrita no enunciado.

Pela figura, percebemos que a carga geradora do campo elétrico encontra-se no ponto C, no qual a direção dos vetores que passam por A e B se cruzam. Assim, como a distância da carga geradora ao ponto B é o dobro da distância dessa carga ao ponto P, o campo elétrico em B terá módulo 4 vezes maior que o módulo do campo elétrico gerado em P, que, então, valerá, 6 N/C. O vetor campo no ponto A não está em escala.

Questão 11 – Letra A

Comentário: Observe que a molécula (dipolo) está numa região na qual o campo elétrico não é uniforme. A parte positiva do dipolo se encontra em um ponto onde o campo elétrico é maior (linhas mais próximas). Assim, a força elétrica sobre essa parte da molécula é, também, maior. Dessa forma, o dipolo começa a se deslocar para a direita com movimento acelerado e, depois, percorre o intervalo [–5 m, +5 m] com velocidade constante. Quando penetra na região de coordenadas [5 m, 10 m], a força sobre a parte negativa do dipolo (que recebe força em sentido contrário ao campo) é maior, pois o campo começa a diminuir de intensidade. Nesse intervalo, o dipolo vai diminuir sua velocidade até parar. A partir de então, ele volta à situação inicial e fica a oscilar entre as posições x, tais que $-10 \text{ m} < x < 10 \text{ m}$.

Questão 12 – Letra A

Comentário: A questão trata de forças exercidas por um campo elétrico e do comportamento cinemático de um corpo sujeito a essas forças.

Como o corpo é carregado positivamente, a força do campo elétrico sobre ele terá mesma direção e mesmo sentido do vetor campo elétrico. Assim, como o peso do corpo é desprezível, no início do deslocamento, esse corpo terá como força resultante uma força constante, paralela ao seu deslocamento, porém de sentido contrário a este. A velocidade do corpo irá diminuir, portanto, com aceleração constante (movimento retilíneo uniformemente retardado), até ele ficar em repouso. Logo em seguida, continuará havendo a mesma força resultante devido ao campo elétrico, que acelerará o corpo com aceleração na mesma direção e sentido do campo, o que configura um movimento retilíneo uniformemente acelerado.

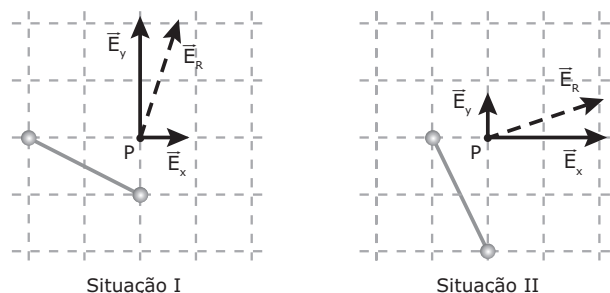
Questão 14 – Letra A

Comentário: A questão trata de forças exercidas por um campo elétrico e do comportamento cinemático de um corpo sujeito a essas forças.

Como podemos desprezar a ação do campo gravitacional, e a partícula está carregada negativamente dentro da região do campo elétrico (entre x_1 e x_2), esta sofrerá uma força resultante na mesma direção e sentido contrário ao do vetor campo elétrico, ou seja, para a direita. Essa força resultante constante, nesse intervalo, tem mesma direção e sentido do deslocamento, ou seja, acelerará o corpo com aceleração constante entre x_1 e x_2, o que faz a sua velocidade aumentar. Entre 0 e x_1 e a partir de x_2, não há forças resultantes, ou seja, a velocidade do elétron mantém-se constante.

Questão 15 – Letra B

Comentário: A questão trata das características de um campo elétrico gerado por uma carga pontual.

Situação I

Situação II

Como visto na figura anterior, o módulo E_R do campo elétrico em ambos os casos é igual, já que $E_R^2 = E_x^2 + E_y^2$, e a componente $\vec{E}_x$, na situação I, tem módulo igual a E_y, na situação II, e $\vec{E}_y$, na situação I, tem módulo igual a E_x, na situação II. Assim, os campos têm o mesmo módulo e direções diferentes, conforme mostra a figura.

Seção Enem

Questão 01 – Letra D

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: A questão trata de um campo elétrico não uniforme.

Quanto mais próximo do fio, maior é o módulo do vetor campo elétrico, sendo ele, portanto, não uniforme. Assim, partículas neutras de fumaça serão induzidas pelo campo elétrico e capturadas pelo fio, uma vez que a força de atração exercida pelo fio é maior que a exercida pelo cilindro periférico.

Questão 02 – Letra C

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: O elétron, que possui carga negativa, é desviado em sentido contrário ao do campo elétrico. Dessa forma, os campos elétricos vertical para baixo e horizontal para a esquerda desviam os elétrons para cima e para a direita, respectivamente. Uma vez que o campo horizontal é mais intenso que o vertical, o desvio é maior na horizontal. Dessa forma, o elétron vai atingir o setor azul do gerador de cores.

Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 10

Comentário: Para que as partículas poluidoras sejam levadas para a alta atmosfera, o módulo da força elétrica que atua sobre elas deve ser maior que o módulo do peso dessas partículas. O módulo da força elétrica pode ser calculado por: $F = Eq$. Assim, temos que: $Eq > P \Rightarrow 100q > 10^{-10}$ N.

Logo, a carga das partículas deve ser: $q > 10^{-12}$ C. Uma vez que as cargas seriam eletrizadas negativamente, o campo elétrico deve apontar para a superfície da Terra, pois cargas negativas sofrem forças elétricas de sentidos opostos ao sentido do campo.

Observação: De fato, o campo elétrico ao qual o problema se refere é, em cada ponto da superfície, vertical para baixo. Isso acontece pois a superfície da Terra possui excesso de cargas negativas, e a região acima da ionosfera apresenta excesso de cargas positivas.